



Vítor Manuel Matias Jacinto

Licenciatura em Ensino de Física e Química

**“Laboratório” de eletricidade e magnetismo
– uma abordagem prática de alguns
conceitos de eletricidade e de magnetismo
na sala de aula**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Educação

Orientador: Professora Doutora Mariana Gaio Alves, Professora
Auxiliar com Agregação, FCT-UNL

Coorientador: Professor Doutor António Carlos Simões Paiva,
Professor Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Manuel Dias Domingos, Professor Auxiliar da Faculdade
de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Arguente: Prof. Doutor Filipe Alexandre Ferreira Tiago de Oliveira, Professor Auxiliar da
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Vogal: Prof. Doutor António Carlos Simões Paiva, Professor Auxiliar da Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

[Setembro 2017]

Laboratório de eletricidade e magnetismo – uma abordagem prática de alguns conceitos de eletricidade e de magnetismo na sala de aula

Copyright © 2017 – Vítor Manuel Matias Jacinto, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus filhos, Joana, Tiago e João e à minha mulher, Célia.

Agradecimentos

À minha família pelo incentivo para a realização deste trabalho e pelas horas que deixei de lhes dar.

À professora Mariana Gaio Alves e ao professor António Carlos Paiva pela disponibilidade, pelo incentivo e pelos ensinamentos, que muito contribuíram para este trabalho.

À direção da escola onde exerço funções e aos meus colegas de grupo pela disponibilidade e colaboração, as quais foram fundamentais.

Aos meus colegas de mestrado pela amizade e pelo incentivo para a conclusão deste mestrado.

Resumo

Os fenómenos fundamentais de eletricidade e de magnetismo foram evoluindo ao longo dos tempos, sendo estudados no âmbito da disciplina de Física e Química do ensino secundário. No entanto, a motivação e o interesse dos alunos pelo estudo das ciências, e por esta disciplina em particular, parecem estar a diminuir. Neste trabalho, começamos por tentar perceber quais são as implicações da realização de atividades práticas e de que forma é que as mesmas podem contribuir para as aprendizagens em ciências. De seguida apresentamos um projeto de atividades práticas, no âmbito da eletricidade e do magnetismo, para realizar nas aulas de Físico-Química do nono ano do ensino básico e de Física e Química do ensino secundário, com o objetivo de contribuir para o aumento da motivação e do interesse dos alunos pelo estudo da Física. Como complemento ao projeto foi realizado um pequeno inquérito com os professores da escola, o qual tinha por objetivo compreender a importância que os mesmos dão ao ensino experimental e à realização de atividades práticas.

Palavras-Chave: Eletricidade; Magnetismo; Ensino Experimental; Atividades Práticas; Física e Química; Ensino Secundário.

Abstract

The fundamental phenomena of electricity and magnetism had been evolving throughout the ages, being taught in the discipline of Physics and Chemistry of secondary education. However, the motivation and the interest of the students by the study of Science, and particularly by this discipline, seem to be decreasing. In this work, we started by trying to understand which are the implications of performing practical activities in class, and in what way could these contribute to the learning of Science. Then, we introduce a project containing several practical activities, regarding the subjects of electricity and magnetism, to perform in the Physical Chemistry classes of the ninth year of elementary education and of Physics and Chemistry of secondary education, with the objective of increasing the motivation and the interest shown by the students to the study of Physics. As a complement to the project, a small survey was carried out with the teachers of the school, with the objective of understand the importance that those give to the practical learning and to the performance of practical activities in class.

Keywords: Electricity; Magnetism; Practical Learning; Practical Activities; Physics and Chemistry; Secondary Education

Índice

1. Introdução.....	1
2. Fundamento teórico para o projeto.....	5
2.1. Eletricidade e magnetismo - conceitos fundamentais e resenha histórica.....	5
2.2. Ensino experimental das ciências.....	15
2.3. Eletricidade e magnetismo nos currículos do ensino secundário: análise dos programas curriculares dos ensinos básico e secundário.	23
3. “Laboratório” de eletricidade e magnetismo	25
3.1. A importância das atividades práticas no ensino da física e da química: investigação junto dos professores da escola.	25
3.2. Projeto de um “laboratório” de eletricidade e magnetismo	29
3.2.1. Descrição do projeto.....	29
3.2.2. Objetivos do projeto	30
3.2.3. Recursos humanos e materiais.....	30
3.2.4. Atividades experimentais propostas	31
3.2.5. Calendarização do projeto	39
3.2.6. Avaliação do projeto	40
4. Reflexão final	43
Referências	47
Apêndices e anexo.....	51
Apêndice 1 – Guião da entrevista realizada aos professores da escola	53
Apêndice 2 – Transcrição das entrevistas	55
Apêndice 3 – Guiões das atividades práticas propostas	65

Anexo – Descritores constantes dos programas curriculares de Físico-Química, de Física e Química A e de Física, relativos ao estudo da eletricidade e do magnetismo.	83
--	----

Índice de Figuras

Figura 2-1 – Ilustrações relativas a William Gilbert e ao seu trabalho: (a) William Gilbert; (b) <i>Versorium</i> de Gilbert; (c) Ilustração relativa aos trabalhos de Maricourt e ao comportamento dos pregos largados junto à <i>terrela</i>	6
Figura 2-2 – Máquina eletrostática de Hauksbee.	7
Figura 2-3 – (a) Descoberta da garrafa de Leiden no laboratório de Musschenbroek; (b) Modelo de garrafa de Leiden de 1919.	8
Figura 2-4 – Pilha de Volta.	10
Figura 2-5 – Ilustração mostrando a montagem utilizada para demonstrar a experiência de Oersted.	11
Figura 2-6 – Ilustração da montagem utilizada para obter correntes elétricas induzidas a partir do movimento de uma bobina percorrida por uma corrente elétrica no interior de outra.	12
Figura A1-1 – Ilustração de possíveis montagens elétricas usando uma pilha, um fio condutor e uma lâmpada.	67
Figura A1-2 - Ilustração de possíveis montagens elétricas usando uma pilha, dois fios condutores e uma lâmpada.	67
Figura A1-3 – Ilustração da montagem elétrica de um circuito com uma lâmpada, uma pilha e uma barra de diferentes materiais.	68
Figura A1-4 – Ilustração de possíveis montagens elétricas de uma fonte e três lâmpadas associadas de diferentes formas.	68
Figura A1-5 – Ilustração da montagem utilizada para medir indiretamente o valor de uma resistência elétrica.	69
Figura A2-1 – Ilustração do processo de eletrização por fricção	71
Figura A2-2 – Ilustração da interação entre duas barras eletrizadas. Barras de plástico simples (a) ou barras de vidro simples (c) não interagem; Interação entre barras de plástico eletrizadas (b) e interação entre barras de vidro eletrizadas (d).	71
Figura A2-3 – Ilustração da atração de um fio de água por uma barra eletrizada.	73

Figura A3-1 – Ilustração da montagem experimental para visualização de linhas de campo elétrico.....	74
Figura A3-2 – Ilustração da montagem experimental para visualização das linhas do campo magnético criado por um íman em barra.....	74
Figura A4-1 – Ilustração da montagem para a demonstração da experiência de Oersted.....	76
Figura A4-2 – Ilustração da montagem para observação do efeito magnético de uma bobina.....	77
Figura A5-1 – Ilustração do procedimento seguido para observar o aparecimento de uma f.e.m. quando se movimenta um íman no interior de uma bobina.....	79
Figura A5-2 – Demonstração da indução eletromagnética utilizando duas bobinas que se movem uma em relação à outra.....	80
Figura A6-1 – Gaiola de Faraday construída com folha de alumínio e com uma rede.....	81

Índice de Tabelas

Tabela 3-1 – Hipotética calendarização da implementação do projeto.	40
Tabela A-1 – Descritores para o domínio <i>Eletricidade</i> , sub-domínio <i>Corrente elétrica e circuitos elétricos</i> , no 3º ciclo do ensino básico.....	83
Tabela A-2 – Descritores constantes do programa do 10º ano de escolaridade para o estudo da eletricidade.	84
Tabela A-3 – Descritores constantes do programa do 11º ano de escolaridade para o estudo da eletricidade e do magnetismo.	85
Tabela A-4 – Descritores constantes do programa do 12º ano de escolaridade para o estudo da eletricidade e do magnetismo.	86
Tabela A-5 – Atividades previstas na componente laboratorial dos programas do ensino secundário.	87

1. Introdução

O Mestrado em Educação conclui-se com a apresentação de uma Dissertação em Educação ou com um Trabalho de Projeto em Educação. Neste caso, optou-se por realizar a segunda modalidade considerando que se adequa mais à área de especialidade frequentada – Complementos de Física para o Ensino – incluindo as duas vertentes da formação: por um lado, tratando-se de um mestrado em educação, é fundamental que o mesmo inclua uma componente diretamente relacionada com esta área; por outro lado, é igualmente importante a inclusão de uma componente de Física, mais concretamente, relacionada com as matérias e temáticas que são lecionadas na nossa escola. Assim, elaboramos um trabalho que decorre, em grande parte, da nossa prática profissional, enquanto professor de Física e Química do Ensino Secundário, que possa, portanto, levar a melhorias dessa mesma prática mas que, naturalmente, faça a aplicação dos conhecimentos adquiridos no âmbito da formação em que se integra.

A escolha do tema para este trabalho de projeto teve em conta, essencialmente, três aspetos que passamos a enumerar:

1. Na nossa prática letiva somos muitas vezes confrontados com a desmotivação e o desinteresse dos alunos pelo estudo da disciplina de física. Embora esse não seja o objeto deste trabalho e, portanto, não tenha sido feita uma revisão de literatura sobre os motivos que poderão estar por detrás desse desinteresse, é nossa convicção, decorrente da larga experiência de ensino, que a mesma está relacionada com a forma demasiado teórica com que os assuntos são abordados e com o desinteresse dos alunos pelos fenómenos naturais. Uma das matérias em que tal acontece é no estudo dos fenómenos elétricos e magnéticos: embora os alunos estejam em permanente contacto com estes no seu quotidiano, raramente se apercebem dos mesmos ou sentem a curiosidade suficiente para quererem saber como funciona o mundo que os rodeia. Apesar desse desinteresse, é frequente os alunos revelarem bastante curiosidade relativamente às atividades práticas de fenómenos elétricos e magnéticos, o que poderá ser utilizado como uma mais-valia na motivação para o estudo e para a aprendizagem da física, em particular, e das ciências, em geral.
2. Nos programas das disciplinas de Física e Química A e de Física, do ensino secundário, há uma componente significativa dedicada ao estudo dos fenómenos elétricos e magnéticos e das aplicações dos mesmos no nosso dia-a-dia. A abordagem inicia-se no ensino básico com conceitos introdutórios de eletricidade, de circuitos elétricos e da lei de Ohm, prolongando-se no ensino secundário com o estudo da relação entre os fenómenos energéticos e a eletricidade e com o estudo dos campos elétrico e magnético e da sua interação com a matéria. No entanto, duas situações se colocam relativamente a essa abordagem:

- estando prevista a realização de atividades de carácter experimental, estas são em número reduzido e focam aspetos muito particulares dos conteúdos programáticos não permitindo o estudo ou a visualização dos fenómenos elétricos e magnéticos fundamentais;
 - o estudo dos fenómenos é feito essencialmente de forma teórica, embora também possam ser feitas e analisadas algumas atividades práticas simples.
3. Num terceiro aspeto há a considerar o trabalho de natureza prática na área do Eletromagnetismo desenvolvido nas três unidades curriculares de Complementos de Física, o qual nos permitiu tomar contacto com alguns dos equipamentos mais recentes no domínio da eletricidade e do magnetismo, atualizando, ao mesmo tempo, os nossos conhecimentos nesta área da Física. Desta forma, devemos considerar a aplicação das aprendizagens efetuadas na nossa prática profissional.

Assim, considerando os três aspetos anteriormente referidos, elaborou-se um projeto de atividades práticas para as aulas de eletricidade e magnetismo do ensino secundário. Utilizando materiais simples e disponíveis na maioria das escolas, pretende-se que os alunos observem e estudem os fenómenos fundamentais daquelas duas áreas da Física, aumentando o seu interesse pelo estudo das mesmas. O objetivo principal deste trabalho é, portanto:

- Planificar atividades simples que possam ser realizados nas aulas de modo a aumentar a motivação e o interesse dos alunos para o estudo da Física.

O trabalho apresentado encontra-se dividido em três partes:

1. No primeiro capítulo do trabalho apresentamos os conceitos de Física que enquadram as atividades do projeto, a revisão de literatura relativamente ao ensino experimental das ciências e o enquadramento da eletricidade e do magnetismo nos programas curriculares do ensino secundário. Assim, está desenvolvido em três subcapítulos:
 - a) Eletricidade e magnetismo – conceitos fundamentais e resenha histórica onde se apresentam os conceitos fundamentais de eletricidade e magnetismo e a evolução histórica dos mesmos: a descoberta dos fenómenos elétricos e magnéticos e os trabalhos e descobertas principais realizados nos séculos XV a XIX, destacando aqueles que são objeto de estudo nas aulas do ensino secundário.
 - b) O ensino experimental das ciências. O que tem sido feito nesta área, alguns dos estudos relativos ao ensino experimental das ciências e quais as principais conclusões relativamente às implicações da realização de atividades práticas nas aprendizagens dos alunos, tendo-se dado ênfase quer a alguns dos trabalhos realizados em Portugal quer a estudos de nível internacional.

- c) A eletricidade e o magnetismo nos currículos de Física. Faz-se um enquadramento do estudo dos conceitos de eletricidade e de magnetismo nos programas curriculares de Física do Ensino Secundário, e também do Ensino Básico: o que se ensina, como se ensina, quando se ensina.
2. O segundo capítulo do trabalho é dedicado à apresentação do projeto. Faz-se uma descrição do projeto que se pretende implementar na escola com a respetiva fundamentação, os objetivos do mesmo, os recursos humanos e materiais, bem como as atividades que selecionamos para realizar e que consideramos como mais significativas para atingir os objetivos pretendidos com o trabalho. No final apresentamos uma proposta de calendarização para a implementação do projeto e outra para avaliação do mesmo.

Neste segundo capítulo é, ainda, apresentado um breve estudo efetuado com os docentes de Física e Química da escola, onde se procurou conhecer a opinião e as práticas dos mesmos relativamente ao ensino experimental e à realização de atividades práticas.

3. No terceiro capítulo, apresentamos uma reflexão sobre o trabalho realizado e as possíveis implicações do projeto nas aprendizagens dos alunos e apresentamos algumas propostas que poderão decorrer da implementação deste projeto.

2. Fundamento teórico para o projeto

2.1. Eletricidade e magnetismo - conceitos fundamentais e resenha histórica

A conceção e implementação de um projeto de atividades práticas no âmbito da eletricidade e do magnetismo não são possíveis sem compreender os conceitos básicos relativos a estes dois fenómenos. Assim, iremos, neste tópico, apresentar de uma forma muito simplificada, os principais conceitos fundamentais da eletricidade e do magnetismo e a evolução histórica dos mesmos. Não pretendemos fazer uma história pormenorizada da eletricidade e do magnetismo, nem apresentar os formalismos matemáticos ou teóricos subjacentes ou decorrentes dos diversos fenómenos elétricos e magnéticos. Apenas pretendemos assinalar as descobertas que consideramos ser mais importantes e significativas nesta área da física e que, de alguma forma, estão relacionadas com as atividades práticas que apresentamos no projeto.

O conhecimento de fenómenos elétricos data de vários séculos antes de Cristo. Tales de Mileto, por volta do ano 600 a.C., terá verificado que o âmbar amarelo, quando friccionado com um pano, atraía pequenos objetos leves, tais como pedaços de palha, de tecido ou de penas (Calado, 2011). Note-se que a palavra eletricidade deriva do vocábulo grego *elektron* que significa âmbar (Lewin, 2016). De igual modo, registos com mais de vinte séculos dão conta da existência de uma pedra misteriosa, designada por magnetite ou pedra íman, que tinha a propriedade de atrair pedaços de ferro (Carvalho, 2004). Esta pedra existia em abundância numa região da Ásia Menor, atual Turquia, chamada Magnésia e da qual deriva o seu nome (History of eletromagnetic theory, 2017). Durante séculos, os fenómenos eletrostáticos e magnéticos foram reportados por escritores, filósofos e naturalistas: Plínio, o Velho, atestou o efeito entorpecedor dos peixes elétricos; alguns objetos encontrados no Iraque, em 1938, parecem ser uma espécie de célula galvânica; no século XI o cientista chinês Shen Kuo escreveu sobre a agulha magnética e os seus usos na navegação (History of eletromagnetic theory, 2017). No séc. XIII, um investigador francês de nome Pierre Pellerin de Maricourt construiu um pedaço de magnetite de forma a dar-lhe a forma esférica da Terra, tendo largado na sua superfície pequenos pregos de ferro magnetizados a fim de observar o seu comportamento; notou, assim, que alguns dos pregos ficavam em pé, perpendicularmente à superfície de determinada zona da esfera, o que não acontecia noutras zonas, muito embora todos se orientassem no sentido de apontarem para o centro da esfera; a essas zonas, Maricourt chamou pólos (Carvalho, 2004).

Em 1600, no seu livro *De Magnete*, William Gilbert, médico inglês da corte da rainha Isabel I, explica que a agulha magnética aponta para os polos da Terra porque esta se comporta como um íman gigante que atrai os polos opostos daquela (Calado, 2011). Neste livro, Gilbert descreve inúmeras experiências por si realizadas, bem como apresenta um considerável número de teorias explicativas de fenómenos elétricos e magnéticos baseadas nos trabalhos realizados (Binnie, 2001). Numa dessas

experiências ele descreve o uso da *terrella*, uma esfera magnetizada que representava a Terra (Terrela, 2017) para mapear o campo magnético desta usando uma barra de magnetite, tendo concluído que o comportamento das agulhas magnéticas era devido ao magnetismo do planeta (Binnie, 2001). Gilbert foi também a primeira pessoa conhecida a usar limalha de ferro nas suas experiências com ímanes (Binnie, 2001).

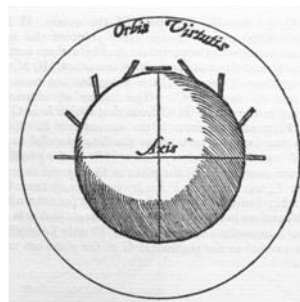
Gilbert dedicou-se também ao estudo de fenómenos elétricos tendo experimentado o uso de várias matérias a fim de ver se as mesmas tinham comportamento idêntico ao do âmbar (Carvalho, 2004). Concluiu então que, ao contrário do ferro que apenas podia ser magnetizado pela pedra-íman ou por outro magneto, havia um conjunto de outros materiais, para além do âmbar, que podiam ser eletrizados por fricção: vidro, ebonite, diversas resinas, diamante, safira ou enxofre (Calado, 2011). A estes materiais, Gilbert chamou elétricos, sendo hoje designados por isoladores (Binnie, 2001). A fim de detetar corpos eletrizados, ele inventou o *versorium*: uma agulha metálica presa a um suporte, podendo girar livremente tal como uma agulha magnética não magnetizada (Versorium, 2016). Aceitou-se, então, que as matérias possuíam no seu interior um “fluido elétrico” que se escapava pelos poros quando eram friccionados (Carvalho, 2004). Assim, nos materiais como o vidro, o âmbar, as resinas, etc., o “fluido elétrico” fica retido na zona friccionada, enquanto nos metais se espalha por todo o objeto: os metais eram condutores por oposição aos isoladores (Carvalho, 2004). Gilbert concluiu, dos seus trabalhos, que eletricidade pode ser comparada à natureza atrativa do magnetismo, uma vez que parece não ter a propriedade de repelir outros corpos (Binnie, 2001).



(a)



(b)



(c)

Figura 2-1 – Ilustrações relativas a William Gilbert e ao seu trabalho: (a) William Gilbert (Fonte: <https://cdn2.magcraft.com/images/content/gilbert.gif>). (b) *Versorium* de Gilbert (Fonte: <http://www.new-science-theory.com/De%20Magnete/img032.jpg>). (c) Ilustração relativa aos trabalhos de Maricourt e ao comportamento dos pregos largados junto à *terrella*. (Fonte: <http://www.new-science-theory.com/De%20Magnete/img044.jpg>)

O trabalho de Gilbert foi continuado por Robert Boyle que trabalhou intensamente na nova ciência da eletricidade e adicionou várias matérias à lista de elétricos de Gilbert, nomeadamente resina (History of eletromagnetic theory, 2017). No entanto, o grande contributo de Boyle para o estudo da eletricidade foi a descoberta de que as atrações e repulsões elétricas poderiam atuar através do vácuo; ou seja, o efeito elétrico não dependia do ar como meio (History of eletromagnetic theory, 2017).

Os estudos no âmbito da eletricidade foram continuados por Otto Von Guericke, um físico alemão, que inventou uma máquina com o objetivo de aumentar e aproveitar os efeitos da atração elétrica: usando uma esfera de enxofre com o tamanho da cabeça de uma criança, a qual era posta a rodar em torno de um eixo, roçando num pano, obtinha uma faísca e ouvia um estalo quando aproximava um objeto metálico pontiagudo (Calado, 2011). Guericke verificou ainda que os corpos, uma vez eletrizados, podiam repelir-se ou perder as propriedades elétricas quando, por exemplo, caíam no chão; ou seja, havia atrações e repulsões tal como no magnetismo (Calado, 2011). A máquina eletrostática de Guericke foi aperfeiçoada por Francis Hauksbee, um cientista inglês, o qual utilizou duas esferas de vidro acionadas por um mecanismo de manivela (Calado 2011).

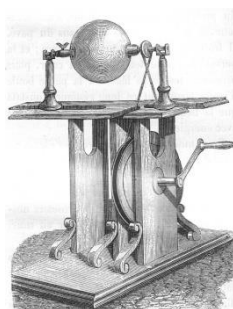


Figura 2-2 – Máquina eletrostática de Hauksbee. (Fonte: <http://seaus.free.fr/local/cache-vignettes/L500xH656/La machine electrique de Hauksbee- Un robinet permet d y faire le vide-2587e.jpg>)

Stephen Gray, um tintureiro de sedas inglês, em 1729, realizou um conjunto de experiências para estudar a transmissão da eletricidade, concluindo que os metais conduzem-na muito bem enquanto o vidro e o âmbar são maus condutores (Calado, 2011). Ele pendurou uma variedade de objetos de uma linha e eletrificou uma extremidade da mesma, observando que os objetos mais afastados também eram eletrificados (Binnie, 2001). A partir destas experiências classificou as substâncias em duas categorias: elétricos como o vidro, a resina e a seda; e não elétricos como o metal e a água. Os não elétricos conduzem a eletricidade enquanto os elétricos não o fazem (History of eletromagnetic theory, 2017).

Nesta altura a eletricidade era vista como um divertimento, sendo as máquinas elétricas fabricadas em série e vendidas a curiosos (Calado, 2011). Charles François Du Fay, o superintendente dos jardins do rei de França e o seu assistente Abade Jean Antoine Nollet, dedicavam-se a eletrificar homens e mulheres, produzindo efeitos espetaculares: numa vez fez uma demonstração para o rei com 180 soldados; noutra com 200 frades; e, noutra, com 700 pessoas. Du Fay estudou e continuou os trabalhos de Gray tendo concluído que os objetos eletrizados podiam repelir-se ou atrair-se: duas barras de vidro eletrizadas repelem-se tal como acontece com duas barras de âmbar; no entanto, uma barra de vidro e outra de âmbar, ambas eletrificadas, atraem-se (Binnie, 2001). Du Fay formulou ainda os princípios daquilo que viria a ser conhecido pela teoria dos fluidos elétricos, sugerindo a existência de dois tipos distintos de eletricidade: a vítrea, do vidro friccionado; e a resinosa, do âmbar friccionado (Binnie,

2001). Os corpos com o mesmo tipo de eletricidade repelem-se enquanto aqueles que possuem eletricidade vítrea atraem e são atraídos pelos que possuem eletricidade resinosa (Binnie, 2001).

A realização das experiências elétricas exigia a produção de eletricidade in situ, sentindo-se a necessidade de transportar a eletricidade de um local para outro. Em 1745, Ewald von Kleist, deão da catedral de Kammin, na Pomerândia, tentou eletrizar frascos de vidro contendo pregos, tendo apanhado um intenso choque elétrico quando tocou nesses mesmos pregos (Calado, 2011). Von Kleist não divulgou os seus segredos e a primazia da descoberta de um dispositivo para armazenar eletricidade ficou a dever-se a Peter von Musschenbroek, cientista alemão e professor na universidade de Leiden (Calado, 2011). Ele suspendeu um frasco de vidro com água de uma barra através de um fio metálico que tinha a outra extremidade mergulhada na água; a barra, por sua vez, estava ligada a uma máquina eletrostática; quando o seu assistente tocou com uma mão na barra e com a outra na garrafa apanhou um choque e a garrafa de Leiden foi inventada: Musschenbroek inventou uma forma de acumular eletricidade (Binnie, 2001). William Watson, um farmacêutico inglês, introduziu melhoramentos na garrafa de Leiden, revestindo o interior e o exterior com folha de estanho (Binnie, 2001). A garrafa de Leiden foi utilizada até aos finais do século XIX quando foram desenvolvidos os modernos condensadores (Binnie, 2001).

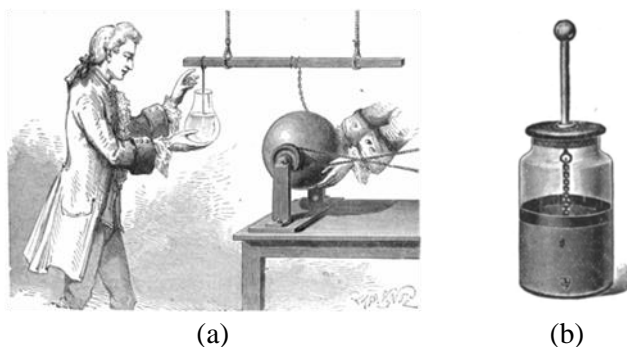


Figura 2-3 – (a) Descoberta da garrafa de Leiden no laboratório de Musschenbroek
(Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Leyden_jar#/media/File:Cuneus_discovering_the_Leyden_jar.png);
(b) Modelo de garrafa de Leiden de 1919
(Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Leyden_jar#/media/File:Leyden_jar_engraving.png)

Enquanto na Europa se procurava produzir e armazenar eletricidade, na América, Benjamin Franklin, escritor, político, cientista, inventor, dedicava-se a estudar a eletricidade natural e, mais concretamente, os relâmpagos (Calado, 2011). Dos seus trabalhos resultaram alguns progressos para a ciência da eletricidade: realizou a célebre experiência do lançamento de um papagaio de papel durante uma tempestade para demonstrar que os raios observados eram eletricidade que podia ser recolhida numa garrafa de Leiden; inventou o para-raios cujo funcionamento se baseia no poder das pontas para atrair a eletricidade (Calado, 2011); introduziu a ideia de “fluido elétrico” que pode penetrar em todas as substâncias e que, havendo excesso dele teremos carga positiva e, havendo défice, teremos carga negativa (Lewin, 2016). Decorrentes desta ideia de fluido elétrico, surgiram os conceitos de carga

negativa e positiva, os quais se mantiveram até aos nossos dias: em 1747, Franklin propôs que um corpo está carregado positivamente se for repelido por uma barra de vidro friccionada com um pano de seda; por outro lado, se houver uma repulsão com uma barra de lacre friccionada com uma pele de gato, o corpo estará carregado negativamente (Binnie, 2001). Dos seus trabalhos, Franklin concluiu ainda que a eletricidade não era criada pela fricção mas sim transferida de um corpo para outro durante esse processo, o que havia já sido dito por William Watson e que é conhecido como o princípio da conservação da carga elétrica (Binnie, 2001).

Em 1759 Robert Symmer, físico e filósofo escocês, sugeriu que a eletricidade positiva e negativa de Franklin correspondia a dois fluidos que podiam entrar e sair da matéria (Binnie, 2001). Esta hipótese foi depois considerada por Coulomb, físico francês, que em 1784 criou a balança de torsão e descobriu a Lei de Coulomb: a força exercida entre dois corpos eletrizados varia inversamente com o quadrado da distância entre eles e com a intensidade da carga elétrica de cada um (History of eletromagnetic theory, 2017).

O próximo passo na ciência elétrica foi dado em Itália por um fisiologista da universidade de Bolonha: Luigi Galvani. Quando dissecava rãs e tinha uma máquina eletrostática por perto, verificou que, quando saltava uma faísca da máquina e ele tocava nos nervos da rã, os respetivos músculos contraíam-se violentamente. Observou, ainda, que quando pendurava as rãs dissecadas em fios de cobre, sempre que esses fios tocavam na varanda de ferro, os músculos contraíam-se (Calado, 2011). Galvani descobriu, assim por acidente, a corrente elétrica (Binnie, 2001), embora tivesse considerado, erradamente, que todos os animais possuíam um fluido elétrico gerado pelo cérebro e distribuído por todo o corpo através dos nervos (Calado, 2011). Um dos grandes opositores de Galvani, Alessandro Volta, físico e químico italiano, percebeu que o movimento dos músculos das rãs era devido à interação de dois metais diferentes através dos fluidos animais, demonstrando que poderia criar uma corrente elétrica utilizando apenas duas peças de metais diferentes separados por um líquido salgado: havia inventado a pilha (Calado, 2011). Com diversas experiências concluiu que o efeito obtido, ou seja a intensidade da corrente, era largamente aumentado se colocasse vários conjuntos de discos de cobre e de zinco intercalados com pasta de papel humedecida (ou seja, cobre, zinco, pasta de papel, cobre, zinco, ...); por outro lado, o efeito era tanto maior quanto maior fosse o número de conjuntos utilizado (Binnie, 2001). Em 1800 Volta construiu o primeiro dispositivo para produzir uma corrente elétrica, mais tarde conhecido como bateria (History of eletromagnetic theory, 2017). A pilha de Volta desencadeou um interesse generalizado por ser uma maneira prática de pôr a eletricidade a fazer trabalho. Um dos que maior interesse demonstrou foi Humphry Davy, químico inglês, que desde logo considerou que, sendo a eletricidade fornecida pela pilha de origem química, então essa mesma eletricidade também teria aplicações na resolução de problemas químicos: estava dado o primeiro passo para o nascimento da eletroquímica (Calado, 2011).

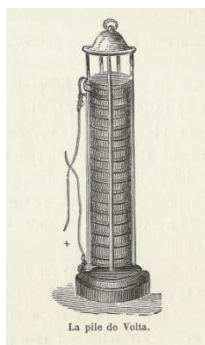


Figura 2-4 – Pilha de Volta

(Fonte: https://static1.squarespace.com/static/51cdd10de4b08819bd7bc9b4/t/54e5f411e4b08b7e358e5deb/1424356370619/SciSource_SB3781.jpg?format=750w)

Henry Elles, em 1757, foi uma das primeiras pessoas a afirmar ter estabelecido a ligação entre a eletricidade e o magnetismo, asseverando que havia semelhanças entre as forças magnéticas e as forças elétricas, embora não considerasse que eram a mesma coisa. No entanto, os créditos para a primeira relação entre os dois fenómenos pertencem a Franz Aepinus, um professor alemão: no seu trabalho *Tentamen Theoria Electricitatis et Magnetism*, publicado em 1759, ele apresentou uma teoria para o magnetismo equivalente à do fluido elétrico com a diferença de que o referido fluido só atuava nas partículas de ferro (History of eletromagnetic theory, 2017).

No ano de 1820, numa aula da universidade de Copenhaga, Hans Christian Oersted, físico e químico dinamarquês, pegou num troço de fio condutor que estava a ser percorrido por uma corrente elétrica e aproximou-o da agulha de uma bússola tendo observado que a mesma rodava em torno do seu eixo vertical. Demonstrou, assim, embora haja alguma controvérsia sobre a intencionalidade da experiência, que a corrente elétrica cria um campo magnético (Carvalho, 2004). Esta descoberta deu uma pista para a demonstração subsequente da relação entre a eletricidade e o magnetismo. No mesmo ano, André-Marie Ampère, físico e matemático francês, mostrou que dois fios condutores paralelos, percorridos por correntes elétricas, atraem-se mutuamente se as correntes tiverem o mesmo sentido e repelem-se se os sentidos forem opostos; estas experiências levaram-no a concluir que circuitos elétricos percorridos por correntes elétricas interatuam mutuamente, assim como os ímanes podem exercer forças nos referidos circuitos (Binnie, 2001). Considerando que um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica produz uma força magnética, Ampère procurou então perceber onde se encontravam os pólos norte e sul desse fio. Então, não conseguindo obter a resposta com o uso de um fio retilíneo, resolveu utilizar um fio enrolado num cilindro, construindo aquilo que designamos por bobina. Esta bobina funciona como um íman sendo perfeitamente possível identificar os seus polos magnéticos. Foi também Ampère quem se lembrou de aplicar as bobinas à construção de aparelhos de medida, com base no facto de o desvio produzido na agulha ser maior ou menor consoante a intensidade da corrente elétrica que percorre a bobina; esta ideia foi, então, aplicada à construção de amperímetros, voltímetros, wattímetros, ohmímetros, etc. (Carvalho, 2004)

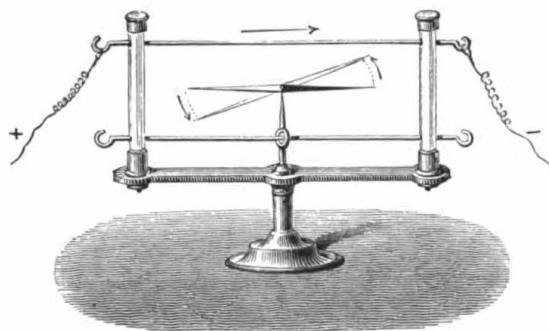


Figura 2-5 – Ilustração mostrando a montagem utilizada para demonstrar a experiência de Oersted.
(Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Oersted_experiment.png)

Nos anos de 1825 e 1826, Goerg Simon Ohm, físico e matemático alemão, realizou trabalhos no âmbito do estudo da resistência elétrica, tendo publicado os seus resultados em 1827. Inspirando-se noutros trabalhos sobre a condução do calor e usando pilhas de Volta, Ohm mediu a tensão entre os terminais de um fio condutor e a corrente elétrica que o percorria. Usando fios de diferentes tamanhos, diâmetros e materiais, descobriu que estas grandezas podiam ser relacionadas através de uma equação simples, tendo apresentado a lei de proporcionalidade entre a força eletromotriz, a corrente elétrica e a resistência elétrica e que é conhecida por Lei de Ohm (History of eletromagnetic theory, 2017).

Em 1812, Humphry Davy admitiu um jovem aprendiz no seu laboratório, o qual havia estado presente em muitas das suas palestras na Royal Institution: Michael Faraday. Embora sem formação matemática, Faraday levou a cabo inúmeras pesquisas experimentais nas áreas da eletricidade e do magnetismo, tendo começado a sua atividade em 1821 (Binnie, 2001). Na sequência dos trabalhos de Oersted e de Ampère, Faraday realizou, em 1821, uma experiência em que suspendeu um fio e mergulhou a extremidade inferior numa tina de mercúrio, colocou um ímã na tina e fez passar uma corrente elétrica pelo fio tendo este rodado em torno do ímã: demonstrou que a corrente elétrica criava um campo magnético circular à volta do fio e inventou a forma mais simples do chamado motor eletromagnético homopolar (Calado, 2011). Refletindo sobre as suas experiências, Faraday conjecturou a possibilidade da produção de corrente elétrica a partir de um ímã. Durante alguns anos efetuou experiências e, em 1831, descobriu o fenómeno da indução eletromagnética: movimentando um ímã, ou uma bobina, nas proximidades de um circuito elétrico pode surgir uma corrente elétrica nesse circuito, designada por corrente induzida (Carvalho, 2004). Esta descoberta rapidamente teve desenvolvimentos tecnológicos, levando à possibilidade de obtenção de correntes elétricas estáveis e duradouras a partir do movimento de ímanes. Uma das mais importantes aplicações desta tecnologia encontra-se na construção de geradores de energia elétrica.

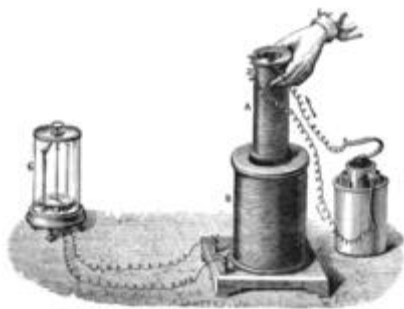


Figura 2-6 – Ilustração da montagem utilizada para obter correntes elétricas induzidas a partir do movimento de uma bobina percorrida por uma corrente elétrica no interior de outra.

(Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Faraday%27s_law_of_induction#/media/File:Induction_experiment.png)

Em 1831, Faraday iniciou a sua investigação sobre as propriedades do eletromagnetismo, tendo desenvolvido um processo mais preciso de mapear as linhas do campo magnético. Enquanto estudava a força magnética, usando limalha de ferro, descobriu que esta podia ser representada por linhas curvas fechadas em torno do íman. Designou essas linhas como “linhas de força magnética”, um conceito que, mais tarde desenvolveu na teoria do campo. O conceito de ação à distância havia já sido focado por Gilbert, tendo sido observado, nos finais do séc. XVII e princípios do séc. XVIII, que os três fenómenos da eletricidade, magnetismo e gravidade produziam ações nos corpos sem qualquer contacto direto entre os objetos envolvidos. Em 1846, Faraday propôs que os fenómenos físicos que se propagam a partir de uma fonte estão relacionados com o meio que envolve essa fonte, introduzindo assim o conceito de campo (Binnie, 2001).

Em 1864, James Clerk Maxwell, apresentou a sua teoria eletromagnética da luz, o que constitui, talvez, o maior passo no conhecimento da eletricidade, reduzindo todo o conhecimento atual de eletricidade e de magnetismo num conjunto de equações matemáticas. A partir dessas equações, calculou a velocidade de propagação de um campo eletromagnético e observou que esta era igual à velocidade da luz, concluindo, assim, que a luz era a propagação de uma perturbação eletromagnética (History of electromagnetic theory, 2017).

Em 1874, G. Johnstone Stoney, físico anglo-irlandês, propôs a existência do eletrão como unidade de carga elétrica, tendo Sir William Crookes, em 1879, identificado os raios catódicos num tubo com vácuo parcial onde se produz uma descarga elétrica. Em 1896, Sir Joseph John Thomson realizou experiências que demonstravam que esses raios eram constituídos por partículas cuja massa era de cerca de uma milésima da massa do ião de hidrogénio: eletrões. Entretanto, o físico alemão Weber previu que os fenómenos elétricos eram devidos a átomos elétricos, vindo a descobrir-se mais tarde, com os trabalhos de vários físicos, que as partículas envolvidas na corrente elétrica eram os eletrões ou os iões. No final do séc. XIX os engenheiros elétricos autonomizaram o seu trabalho dos físicos e inventores e criaram empresas que investigaram, desenvolveram e aperfeiçoaram as técnicas de produção e transmissão de eletricidade, a qual passou a ser usada nas telecomunicações, na iluminação, na indústria

e num sem número de outras situações. Ao nível da física surgiram os desenvolvimentos da teoria eletromagnética e, já no séc. XX, da interligação entre os fenómenos eletromagnéticos com outros como, por exemplo, os quânticos (History of electromagnetic theory, 2017).

Em conclusão: a observação e o estudo de fenómenos elétricos e magnéticos desde sempre despertaram o interesse do Homem; desde os raios dos relâmpagos, à atração de ferro por pedras magnéticas, às faíscas que saem de materiais friccionados ou às agulhas magnéticas todos eles foram motivo de curiosidade. Ao longo dos tempos, no entanto, essa curiosidade foi-se transformando em curiosidade científica e os fenómenos foram sendo estudados, dando origem a um corpo de conhecimentos cada vez mais completo. Foram, assim, surgindo varias teorias explicativas dos fenómenos elétricos e magnéticos o que nos permitiu conhecê-los e utilizá-los cada vez melhor e de forma mais adequada: aquilo que sabemos hoje sobre a eletricidade e o magnetismo é fruto do trabalho de muitos o qual não deve ser descurado ou minimizado. É muito importante conhecer aquilo que outros fizeram para compreendermos melhor o mundo que nos rodeia.

2.2. Ensino experimental das ciências

O trabalho de projeto que apresentamos enquadra-se no âmbito do ensino da Física no ensino secundário, centrando-se na planificação de atividades de carácter prático que possam ser executadas nas aulas. Como tal, consideramos pertinente que seja feita uma breve revisão da literatura relativa ao ensino experimental das ciências.

Na nossa atividade docente, temos vindo a constatar ao longo do tempo, de forma empírica, alguns aspetos que procuraremos abordar nesta revisão da literatura:

- em geral, os alunos apresentam um maior interesse/motivação nas aulas em que se realizam atividades práticas. É frequente ouvirmos perguntas como: *Hoje vamos fazer experiências? Quando é que fazemos experiências? Ou Se o professor mostrasse como é que isso funciona nós aprendíamos melhor!*

- regista-se um grande interesse dos alunos por exposições de ciência prática (tipo *hands-on*) ou por demonstrações experimentais, sobretudo se as mesmas apresentarem um carácter de espetacularidade;

- não se regista uma diferença significativa relativamente ao interesse apresentado pelos alunos nas aulas de demonstração e nas aulas em que são eles próprios que fazem o trabalho;

- a maior parte das vezes os alunos têm dificuldade em realizar a atividade sem protocolo. Embora dominem os conhecimentos conceptuais, não têm os conhecimentos processuais necessários para investigar e realizar a atividade sozinhos. Não revelam também competências suficientes para compreender o que se está a fazer ou para definir as estratégias a seguir para se alcançarem os objetivos;

- o interesse pelas atividades experimentais não é acompanhado do interesse pela explicação dos fenómenos apresentados ou da compreensão dos mesmos.

Para que melhor possamos analisar as implicações do trabalho prático no ensino das ciências, é importante clarificar os conceitos. De acordo com Hodson (1988) e Leite (2002), uma atividade prática é aquela em que o aluno está ativamente envolvido, observando ou manipulando os objetos e materiais que estão a utilizar (Millar, 2010); a atividade laboratorial é um tipo de atividade prática que decorre num laboratório ou numa sala de aula, manipulando materiais e equipamentos e seguindo procedimentos e regras de segurança próprios; a atividade experimental é a atividade prática em que ocorre um controlo e manipulação de variáveis, podendo ter lugar num ambiente de laboratório ou noutro. Por sua vez, a investigação é uma atividade de resolução de problemas sem recurso a um guião ou protocolo (Leite & Dourado, 2013).

Leite & Dourado (2013) referem que os programas de Física e Química nacionais, bem como alguns professores de ciências (Abrahams, 2011; Leite & Dourado, 2007) e especialistas em educação em ciências (por exemplo, Hofstein, 2004; Millar, 2010) reconhecem as atividades laboratoriais como importantes ferramentas na educação em ciências. De acordo com estes autores, podem ser considerados dois argumentos para este reconhecimento: o primeiro decorre do antigo provérbio chinês «Diz-me e eu esquecerei; ensina-me e eu lembrar-me-ei; envolve-me e eu aprenderei»; no contexto do ensino das ciências, a expressão “envolve-me...” deve ser entendida como a realização de trabalho no laboratório, manipulando materiais, equipamentos, reagentes, etc. O segundo argumento tem a ver com a ideia de que “a ciência é uma atividade prática”; ou seja, da mesma forma que os cientistas fazem investigação e pesquisa no laboratório para desenvolver teorias, os alunos também devem utilizar o laboratório para aprender ciência (Jenkins, 1999, citado por Leite & Dourado, 2013).

Também os professores de ciências consideram a existência de um variado e significativo número de argumentos para a realização de atividades práticas. Hodson (1994) agrupou-os em cinco categorias principais:

1. Motivar os alunos, estimulando o seu interesse e entusiasmo;
2. Ensinar técnicas laboratoriais;
3. Fomentar a aquisição de conhecimentos científicos;
4. Introduzir o método científico e desenvolver a sua utilização;
5. Desenvolver determinadas atitudes científicas, tais como abertura mental para com as ideias dos outros, objetividade e capacidade de não emitir juízos não fundamentados.

Por sua vez, Hofstein & Lunetta (2004), numa revisão efetuada a um artigo seu de 1982, consideram que as atividades práticas fornecem importantes experiências na aprendizagem das ciências que não podem ser disponibilizadas pelas restantes atividades escolares:

1. Compreensão dos conceitos científicos;
2. Interesse e motivação;
3. Competências práticas de ciência e capacidade de resolução de problemas;
4. Hábitos de pensamento científico;
5. Compreensão da natureza da ciência.

O papel das atividades práticas no ensino das ciências pode, assim, ser sistematizado nalguns dos aspetos que Millar (2004) nos apresenta:

1. As atividades práticas são uma componente essencial do ensino das ciências pelo desenvolvimento que promovem quer nos conhecimentos científicos dos alunos, quer nos conhecimentos *sobre* ciência;
2. Quando pensamos no papel das atividades práticas é fundamental não esquecer a importante diferenciação entre pesquisa/investigação científica e ensino laboratorial; e entre cientistas ou investigadores, tentando explorar os limites do conhecimento científico, e alunos tentando alcançar conhecimentos científicos já obtidos por outros;
3. Quando se utiliza o trabalho prático para desenvolver conhecimentos científicos nos alunos, estes preferem seguir um guião ao invés de uma investigação;
4. A aquisição de conhecimentos científicos através do trabalho prático requer que os alunos façam a ligação entre dois domínios do conhecimento: o domínio dos objetos e do observável e o domínio das ideias. Este tipo de trabalho prático é mais efetivo quando:
 - a. Os objetivos de aprendizagem são claros e reduzidos para cada uma das tarefas propostas;
 - b. As tarefas propostas destacam os objetivos principais e reduzam o “ruído” ao mínimo;
 - c. É utilizada uma estratégia que estimula, de antemão, o raciocínio dos alunos, de forma que quando realizam a atividade já estão a pensar sobre ela e sobre o que pretendem alcançar com a mesma;
 - d. A estratégia permite o encadeamento das ideias dos alunos de modo a estabelecer conexões entre os dois domínios do conhecimento.
5. As atividades práticas do tipo investigativo, mais abertas, conseguem desenvolver melhor o conhecimento científico implícito. No entanto, é difícil argumentar que este tipo de conhecimento seja fundamental para a promoção da literacia científica, uma vez que o mesmo apenas é relevante para os alunos que pretendem seguir um percurso na investigação científica.
6. Para a literacia científica é importante compreender parte da lógica da investigação científica e da natureza do conhecimento científico. As tarefas muito direcionadas podem ser muito úteis neste ponto, sobretudo se incidirem sobre a recolha de dados e sua interpretação.

A realização de atividades práticas está contemplada nos programas curriculares, sendo objeto de avaliação. No entanto, a realidade mostra que o tempo dedicado pelos professores ao ensino experimental das ciências é muito reduzido. (Caldeira, M. H., in Carvalho et al., 2013).

As atividades práticas que os professores realizam nas aulas não são todas do mesmo tipo. Consoante os objetivos que se pretendem alcançar, o tipo de estratégia que se utiliza e o tipo de

conhecimento (conceptual ou processual) que os alunos devem adquirir, podemos classificar as atividades em seis tipologias (Leite, 2002):

1. Exercícios: atividades laboratoriais que visam o desenvolvimento de aptidões e permitem que os alunos aprendam técnicas laboratoriais;
2. Atividades para aquisição de sensibilidade acerca de fenómenos: são atividades que ajudam os alunos a ter uma noção do conceito em estudo, através dos sentidos (cheirar, observar, ouvir, sentir);
3. Atividades ilustrativas: permitem aos alunos confirmar, utilizando um guião tipo receita, um conceito ou teoria previamente abordado;
4. Atividades orientadas para a determinação do que acontece: atividade perfeitamente estruturada e que leva os alunos a construir conhecimentos novos;
5. Prevê-Observa-Explica-Reflete: os alunos são confrontados com uma questão que apela ao uso de ideias prévias, as quais são depois confrontadas com dados empíricos;
6. Investigações: utilizam a metodologia de resolução de problemas para construir conhecimentos novos.

Embora se possam realizar diversas tipologias de atividades práticas, constata-se que os manuais escolares apresentam, fundamentalmente, atividades para ilustrar conceitos, leis, etc sendo raras aquelas as que promovem o envolvimento dos alunos em tarefas de investigação (Silva, 2009).

O Livro Branco da Física e da Química (Martins & al, 2002) foi o resultado de um estudo levado a cabo pela Sociedade Portuguesa de Física e pela Sociedade Portuguesa de Química, entre 1998 e 2002, com a finalidade de elaborar uma base de dados sobre a situação do ensino da Física e da Química em Portugal. Neste, apresentam-se algumas conclusões relativamente ao trabalho prático desenvolvido pelos professores nas salas de aulas portuguesas e que podem ajudar a entender melhor as práticas que têm vindo a ser seguidas nos últimos anos. Este estudo constitui a única referência encontrada relativamente a esta matéria, tendo envolvido 510 escolas dos ensinos básico e secundário com um total de 1472 professores mas, segundo Carvalho et al. (2013), os dados recolhidos há quase duas décadas não estão muito longe da realidade atual. As principais conclusões encontradas com este estudo foram:

1. Apenas uma minoria de cerca de 27% dos professores realiza regularmente atividades práticas (em média, menos de 20 horas por ano letivo).
2. As atividades têm carácter eminentemente fechado (verificação de leis, fenómenos e teorias).
3. As principais razões apontadas para a realização das atividades práticas são o desenvolvimento do raciocínio crítico, a compreensão de conceitos, o relacionamento da teoria e da prática, a

motivação dos alunos para o estudo das ciências e o desenvolvimento de competências/capacidades/processos de trabalho científico.

4. Os alunos consideram que as atividades mais difíceis são aquelas em que têm que formular hipóteses e tomar decisões relativamente aos procedimentos, explicar relações e generalizar conclusões.
5. Os principais problemas identificados na realização de atividades práticas são a falta de apoio de técnicos de laboratório, a falta de laboratórios escolares, a falta de equipamentos e materiais, a falta de aproveitamento dos alunos face ao trabalho despendido e a falta de formação adequada.

Koponen & Mantyla (2006) apresentam-nos, no entanto, uma perspetiva que pode produzir resultados bastante interessantes e que vai muito de encontro ao projeto que apresentamos. Referem estes autores que a análise histórica de experiências do séc. XIX pode ser utilizada como uma fonte de novo conhecimento. Neste entendimento, sugerem uma reconstrução orientada dessas experiências que pretende recuperar a dimensão epistemológica das experiências. Nesta experimentação geradora de conhecimento a metodologia qualitativa tem um papel fundamental. Estas experiências podem ser usadas para ajudar a conceptualização por parte dos estudantes, tendo estes a satisfação de participarem na construção do seu próprio conhecimento muito embora sejam fortemente conduzidos pelo professor.

Binnie (2001) apresenta-nos conclusões idênticas defendendo a replicação na sala de aula das experiências clássicas (séc. XIX), no âmbito da eletricidade e do magnetismo. Estas experiências podem ser facilmente realizadas na sala de aula, dando aos alunos o prazer da descoberta do conhecimento.

Muito embora as atividades práticas tenham um enorme potencial para a aprendizagem dos alunos é, no entanto, necessário repensar a forma como as mesmas são desenvolvidas nas escolas (Hofstein e Lunetta, 2004), bem como analisar o seu efeito nas aprendizagens dos alunos.

Vários autores, nomeadamente, Shulman e Tamir (1973), Hofstein e Lunetta (1982), Gil Perez (1986), Hodson (1993), Gil Perez & Gonzalez (1993), todos citados por Carvalho et al. (2013) consideram que os resultados obtidos apontam para um efeito motivacional relevante que não é, no entanto, acompanhado por uma melhoria significativa da aprendizagem conceptual. Ao longo dos anos, os investigadores têm vindo a referir a dificuldade que os alunos têm em relacionar os aspetos práticos da experiência com os conceitos teóricos subjacentes (Carvalho et al., 2013)

Hodson (1994) refere que, em vez de os alunos estarem a trabalhar no laboratório é mais proveitoso se analisarem a história de algumas ideias em ciência; os alunos compreenderão melhor como é que a ciência evolui bem como a sua importância na sociedade, na tecnologia, na história, na política, etc. O mesmo autor considera que as atividades práticas, tal como são desenvolvidas na atualidade, colocam

um conjunto de obstáculos (interferências) à aprendizagem: aos alunos apenas se pede que conheçam o procedimento experimental, que manipulem os aparatos, que recolham dados, que reconheçam e identifiquem as causas das diferenças entre os valores previstos e os obtidos e que façam um relatório. No fundo, não fazem a ligação entre os conhecimentos conceptuais e processuais, utilizando atividades fechadas, tipo “receita” (Leite & Esteves, 2004).

Estas interferências levam a que os alunos sofram uma sobrecarga de informação e sejam incapazes de compreender claramente qual é o objetivo de aprendizagem (Hodson, 1994). Johnstone & Wham (1982), citados por Hodson (1984), identificam os comportamentos que os alunos podem adquirir em consequência das interferências registadas:

1. Adotar uma abordagem tipo “receita”, limitando-se a seguir as instruções passo a passo;
2. Concentrar-se apenas num dos aspetos das atividades, com uma virtual rejeição dos restantes;
3. Mostrar um comportamento errante que os leva a “estar muito ocupados sem ter nada para fazer”;
4. Olhar em redor para copiar o que os outros estão a fazer;
5. Converter-se em “ajudantes” de um grupo organizado e dirigido por outros colegas.

Em Valadares (2006) podemos ler que «As atividades experimentais são propiciadoras do desenvolvimento de um vasto número de capacidades do foro cognitivo para além de prepararem os alunos para a vida social, para uma cidadania crítica e responsável». O mesmo autor destaca a existência de vários autores (Piaget, Vigotsky, Ausubel, Gowin) que defendem o trabalho prático como fundamental para o desenvolvimento da curiosidade, contribuindo também para o desenvolvimento de uma consciência reflexiva.

Por outro lado, Hofstein e Mamlok-Naaman (2007) referem que as revisões de literatura demonstram que, em geral, embora os laboratórios de ciências tenham um papel importante na educação em ciência, não foi possível ainda estabelecer uma relação entre as experiências em laboratório e as aprendizagens dos alunos. Para tal, segundo estes autores, contribui bastante o facto de os investigadores não providenciarem informações mais detalhadas relativamente às variáveis envolvidas nos estudos efetuados o que dificulta a comparação entre esses mesmos estudos e a generalização das conclusões.

De acordo com Millar (2010) podemos dizer que há um contributo reduzido para a compreensão das ideias científicas pelos alunos em muito do trabalho prático, muito embora haja evidências de que as atividades laboratoriais aumentam a motivação para o estudo das ciências (Abrahams, 2011, citado por Leite & Dourado, 2013). No entanto, Millar (2010) destaca que os resultados dos diferentes estudos sobre a importância do trabalho prático nos conhecimentos dos alunos dependem da forma como os mesmos são levados a cabo e da forma como as atividades práticas são realizadas.

O nosso contacto com a realidade escolar e a pesquisa bibliográfica efetuada, levam-nos às mesmas conclusões a que a professora Laurinda Leite chegou relativamente ao ensino experimental e à realização de atividades práticas nas aulas de Física e Química das escolas portuguesas, muito embora já tenham passado vários anos. Segundo esta investigadora (Leite, 2000), é necessário adotar alguns procedimentos no sentido de que as atividades laboratoriais sejam efetivamente úteis, contribuam para a formação dos alunos e possibilitem a implementação das recomendações programáticas. Esses procedimentos passam por:

1. Diversificar os tipos de atividades laboratoriais utilizados nas aulas;
2. Aumentar o grau de abertura das atividades laboratoriais utilizadas;
3. Definir critérios de avaliação adequados às características das atividades utilizadas;
4. Privilegiar a avaliação formativa, realizada a par com a realização da atividade;
5. Utilizar diversas técnicas e instrumentos de avaliação, de modo a avaliar a diversidade de conhecimentos associados às atividades laboratoriais.

2.3. Eletricidade e magnetismo nos currículos do ensino secundário: análise dos programas curriculares dos ensinos básico e secundário.

O estudo da eletricidade é iniciado no 3º ciclo do ensino básico, no 9º ano de escolaridade. No documento “Metas Curriculares do 3º ciclo do ensino básico – Ciências Físico-Químicas” (Fiolhais et al., 2013) encontramos os objetivos gerais de ensino e os respetivos descritores para este domínio (Tabela 1 do anexo 1).

Da análise dos descritores definidos, podemos verificar que existe uma forte preocupação em relacionar conhecimentos e em estabelecer, sempre que possível, a ligação com o dia-a-dia. Por outro lado, podemos verificar, que se pretende, logo desde o início, que os alunos tomem contacto com os materiais e equipamentos e que haja uma interação com os mesmos. Está, portanto, bem clara, a necessidade de realização de uma componente prática e experimental como forma de motivação e de aprendizagem e interiorização dos conceitos. No mesmo documento podemos ler que, tendo as Ciências Físico-Químicas uma base experimental, chama-se a atenção para a obrigatoriedade dos descritores com conteúdos de carácter experimental (Fiolhais et al., 2013), o que traduz a preocupação do Ministério da Educação em valorizar e promover a componente experimental das ciências.

Relativamente ao ensino secundário, e considerando a versão atual do programa, bem como as metas de aprendizagem aprovadas em 2014 (Fiolhais, Festas, Damião, Ferreira, et al., 2014), ficaram definidos os domínios, subdomínios e descritores constantes das Tabelas 2, 3 e 4 do anexo 1.

A análise da informação contida nas tabelas anteriormente referidas mostra, mais uma vez, que a componente prática e experimental constitui também uma preocupação para o ensino secundário. Neste nível de ensino, para além das orientações para se incluir uma componente prática, embora por vezes apenas ao nível demonstrativo, nas aulas, está prevista a realização de atividades laboratoriais de carácter obrigatório.

No programa e metas para a disciplina de Física e Química A dos 10º e 11º anos (Fiolhais, Festas, Damião, Ferreira, et al., 2014), podemos ler que *o trabalho pratico-laboratorial, entendido como todo o trabalho realizado pelos alunos, incluindo a resolução de problemas, atividades de pesquisa e de comunicação, atividades com ou sem recurso a material de laboratório (incluindo o controlo de variáveis), é indispensável para o aluno desenvolver atitudes, capacidades e conhecimentos associadas ao trabalho científico*. E, mais adiante no mesmo documento, é referido que *as atividades laboratoriais devem ser enquadradas com os respetivos conteúdos e referenciais teóricos. A sua planificação deve ser realizada com cuidado, procurando clarificar o tema, discutir ideias prévias dos alunos e identificar as grandezas a medir e as condições a respeitar, de modo a que os trabalhos possam decorrer com o ritmo adequado* (Fiolhais, Festas, Damião, Ferreira, et al., 2014).

A título de exemplo, destaca-se a referência feita no programa para o 11º ano: *A observação de espectros elétricos e magnéticos, reais e em simulações, deverá ser o ponto de partida para a análise das linhas de campo. Recomenda-se a realização experimental do fenómeno de indução eletromagnética, exemplificando os modos de variar o fluxo do campo magnético que atravessa uma superfície plana delimitada por um circuito.* (Fiolhais, Festas, Damião, Braguez, & Ferreira, 2014).

A necessidade/obrigatoriedade de realização da componente experimental no ensino secundário é, ainda, destacada na introdução do programa: Quando os autores fazem referência às finalidades da disciplina, é destacada a importância da ciência e dos processos utilizados na construção do conhecimento científico, nomeadamente, *do questionar e investigar, extraindo conclusões* (Fiolhais, Festas, Damião, Braguez, et al., 2014). Mais adiante, quando se definem os objetivos gerais da disciplina, destaca-se a importância do desenvolvimento *dos hábitos e capacidades inerentes ao trabalho científico* (Fiolhais, Festas, Damião, Braguez, et al., 2014).

Em conclusão, todo o programa da disciplina de Física e Química do ensino secundário, está desenvolvido em torno de uma forte componente prática e experimental com o objetivo de que os alunos se familiarizem com o processo de construção da ciência, se envolvam nas suas aprendizagens e, desta forma, se motivem e desenvolvam o gosto pelo estudo da física e da química. Esta componente assume, inclusive um peso significativo na avaliação dos alunos, estando o mesmo definido, legislativamente, como sendo de 30 % da classificação atribuída em cada momento formal de avaliação (Portaria nº 243/2012, 2012) .

É, portanto, de toda a pertinência, que se desenvolvam mecanismos e estratégias de promoção da componente prática e experimental nas aulas de Física e Química, situação para a qual este trabalho pretende dar um contributo.

3. “Laboratório” de eletricidade e magnetismo

O projeto que apresentamos surgiu da necessidade sentida de aumentar a motivação e o interesse dos alunos para a aprendizagem das ciências e, mais concretamente, da eletricidade e do magnetismo, uma vez que a experiência decorrente da atividade docente mostra que os alunos estão mais interessados nas aulas quando se realizam atividades práticas. Esta ideia é, aliás, corroborada por diferentes estudos e autores referidos na revisão de literatura apresentada. Hodson (1994), Hofstein & Lunetta (2004), Martins & al (2002) e Koponen & Mantyla (2006) defendem que as atividades práticas aumentam a motivação e o interesse dos alunos pela aprendizagem das ciências, ficando estes mais satisfeitos por participarem na construção do seu próprio conhecimento. Inclusive, Millar (2010) defende que os diferentes estudos realizados, bem como a experiência informal, demonstram que os alunos em geral gostam de atividades práticas em ciências, sendo este um significativo incentivo para continuar o trabalho no sentido de torná-las mais efetivas na promoção da aprendizagem em ciências.

Por outro lado, os alunos mostram-se, em geral, muito interessados nos conceitos de eletricidade e magnetismo. Esta situação, aliada ao facto de se terem desenvolvido atividades nestas áreas durante as aulas de Complementos de Física, complementadas com a planificação de trabalhos práticos, criou-nos uma motivação adicional para levar a cabo este projeto.

Assim, perspetivou-se uma forma de tornar mais aliciante a aprendizagem dos conteúdos lecionados e, em simultâneo, promover um maior interesse pela ciência e, em especial, pela física. Esse caminho passa, a nosso ver, pela implementação de métodos de ensino mais práticos e que promovam um maior envolvimento dos alunos.

De entre os diferentes domínios estudados no ensino secundário foram escolhidos os da eletricidade e do magnetismo por serem aqueles que, em nossa opinião, despertam mais interesse e curiosidade nos alunos mas que, por outro lado, envolvem conceitos e conteúdos mais abstratos, o que os torna de maior dificuldade de estudo. Acresce ainda o facto de estes serem conteúdos que permitem um estudo mais prático, considerando que a maior parte das escolas dispõe dos materiais básicos necessários, o que torna possível a replicabilidade deste projeto.

Esperamos, portanto, dar um contributo para a melhoria das aprendizagens dos alunos no âmbito das ciências e, mais concretamente, da eletricidade e do magnetismo.

3.1. A importância das atividades práticas no ensino da física e da química: investigação junto dos professores da escola.

Na preparação do projeto de "laboratório" que apresentamos e tendo em conta as metodologias de investigação em ciências sociais, foi efetuado um inquérito junto dos docentes da escola. Com esta

pequena investigação procuramos compreender melhor o que pensam os docentes sobre trabalho prático e o ensino experimental das ciências e quais as práticas que os mesmos seguem neste âmbito.

Assim, foi feito um inquérito por entrevista aos sete docentes que lecionam a disciplina de física e química na escola em questão, seguindo o guião apresentado no anexo 2 do trabalho. Nesta entrevista, os docentes tiveram oportunidade de descrever as práticas que são habitualmente seguidas, no âmbito do ensino da eletricidade e do magnetismo, qual a importância que a componente prática tem para eles, quanto tempo dedicam, em média, à implementação de estratégias de natureza prática nas suas aulas, e que aspetos, positivos e negativos, consideram existir na utilização dessas estratégias. No final, os docentes puderam apresentar sugestões de atividades a incluir no projeto.

Os docentes inquiridos incluem-se na faixa etária dos 45 aos 51 anos, sendo cinco deles licenciados e dois com o grau de mestre. Quatro são do sexo feminino e três do sexo masculino. No entanto, desde logo se regista que estes três aspetos (idade, habilitações e sexo) não estão associados a qualquer tipo de diferenciação ao nível das práticas seguidas no que respeita ao tema em investigação.

Ao nível da realização, ou não, de ensino experimental nas aulas, todos os docentes consideraram que o fazem. Ou seja, todos utilizam parte do seu tempo de aulas anual para realizar atividades práticas com os alunos. No entanto, limitam-se a realizar atividades que se enquadram no âmbito da demonstração de fenómenos, de leis e de teorias, com recurso a um guião ou protocolo; ou seja, no âmbito das atividades ilustrativas segundo Leite (2002). Apenas um docente se referiu à possibilidade de realização das atividades do tipo investigativo, embora admitisse que não fazia este tipo de trabalho, essencialmente por falta de tempo: “... se considerarmos a situação de dar um problema aos alunos e depois surgirem hipóteses e verificar essas hipóteses, não faço” (docente 4). Seis dos docentes inquiridos consideram que o trabalho prático é uma parte fundamental das suas aulas, especialmente no estudo da eletricidade, enquanto o sétimo considera que, embora a realização do trabalho prático seja importante, sente-se cada vez menos motivado para o fazer; para tal situação contribuem a falta de tempo para preparação das atividades, a falta de material para que os trabalhos possam ser realizados, em simultâneo, por todos os alunos, e o desinteresse que os alunos demonstram pelos trabalhos práticos: “...há sempre alguns que se estão borrifando para as atividades...” (docente 6). Também se verifica que seis dos docentes inquiridos consideram que os alunos realizam o trabalho prático na perspetiva do ensino por descoberta e por exploração, muito embora admitam que fornecem sempre um protocolo/guião para os alunos seguirem: “É sempre na base da descoberta; de os alunos irem à descoberta e perceberem como é que as coisas funcionam. Tenho um guião ou protocolo.” (docente 3).

Em termos da importância que atribuem ao trabalho prático, todos os docentes o consideram bastante positivo, essencialmente por ser motivador e aumentar o interesse dos alunos, por contribuir para consolidar conhecimentos e para compreender melhor os aspetos teóricos subjacentes ao trabalho,

por promover uma outra forma de aprendizagem e por desenvolver o espírito crítico e a sensibilidade para as grandezas físicas. Apenas um docente mostrou ter dúvidas relativamente à eficácia do trabalho experimental na aquisição de conhecimentos pelos alunos, referindo, inclusive, a discrepância existente entre o desempenho dos alunos nas aulas práticas e nas provas de avaliação relativas aos conteúdos trabalhados nessas mesmas aulas. A título ilustrativo, apresentamos diversas afirmações proferidas pelos docentes:

- [o trabalho prático permite] “...consolidar [conhecimentos], visualizar e discutir perante os materiais, despertar e ser mais curioso...” (docente 1);
- “São aulas muito produtivas porque os alunos têm muito interesse por esse tipo de aulas.” (docente 2);
- “...os alunos ficam mais interessados e envolvem-se mais, apreendendo as coisas melhor.” (docente 3);
- “Como aspeto positivo acho que aumenta a motivação e o interesse dos alunos.” (docente 4);
- “É na atividade experimental que eles conseguem cumprir realmente, ou pelo menos desenvolver, o espírito crítico e terem sensibilidade para a questão das grandezas.” (docente 5);
- “...depois, nas avaliações, percebemos que eles não aprenderam tanto como nós supúnhamos que aprendessem.” (docente 6).

Como aspetos negativos para a realização de atividades práticas, foram apontados, essencialmente, o tempo disponível para o cumprimento dos programas curriculares (embora esse não seja um aspeto consensual), a falta de maturidade ou de curiosidade científica dos alunos para este tipo de trabalho mais autónomo, a duração do tempo de aula, que não permite que se analisem e discutam os resultados obtidos e as observações efetuadas, especialmente no ensino básico, a indisciplina que se gera numa aula prática devido ao facto de os alunos estarem mais à vontade, e por fim a falta de material para que os alunos possam realizar as atividades todos em simultâneo. Dois docentes referiram o desinteresse dos alunos pelas atividades realizadas, aproveitando a dinâmica própria destas aulas para estarem mais à vontade: “...alguns acabam por desvalorizar o trabalho e aproveitam para estar mais distraídos ou mais desatentos.” (docente 1); [os alunos] “... só querem fazer atividades porque é uma aula muito mais descontraída e onde podem estar mais à vontade.” (docente 6).

No que respeita ao tempo despendido com atividades de carácter prático, há mais ou menos um consenso, na medida em que todos os docentes utilizam um tempo idêntico, por ano e por turma, para este trabalho. No entanto, no que respeita ao ensino secundário, os docentes que habitualmente lecionam a disciplina de Física e Química admitem que realizam, essencialmente, as atividades práticas definidas pelos programas como de realização obrigatória, muito embora também façam algumas demonstrações

de leis e fenômenos: “...faço algumas montagens e faço uma aula experimental, mas sobretudo demonstrativa.” (docente 1); “...mostro sempre as experiências da indução de Faraday, as linhas de campo magnético, a experiência de Oersted...” (docente 5); “No 10º ano, faço a atividade obrigatória de determinação da característica de uma pilha em que os alunos têm que trabalhar sozinhos.” (docente 5); “Faço essencialmente as experiências obrigatórias.” (docente 6).

Em conclusão, confrontando os resultados deste trabalho com os da investigação que tem sido feita ao nível do ensino experimental das ciências, referida na revisão de literatura que apresentamos, consideramos que se regista um alinhamento. Quer ao nível dos motivos que levam à realização de atividades práticas, quer ao nível dos aspetos positivos e negativos apontados, bem como ao nível dos efeitos que os docentes consideram que as atividades têm nas aprendizagens dos alunos, verifica-se uma grande coincidência com os resultados da investigação constantes da literatura. Destacamos, no entanto, um aspeto em que não se verifica essa coincidência: em termos de conceitos, aquilo que está definido na literatura difere do que os professores participantes no estudo pensam. Muito embora a literatura faça uma distinção entre trabalho prático, trabalho laboratorial e trabalho experimental (Hodson, 1988; Leite, 2002; Millar, 2010), os docentes utilizam indiscriminadamente estes conceitos sem terem em consideração, talvez por desconhecimento, as especificidades de cada um deles.

De referir ainda que os docentes não apresentaram sugestões relevantes para as atividades a incluir no projeto, tendo considerado que aquelas que já estavam previstas constituíam uma boa base para o desenvolvimento do trabalho prático, no âmbito da eletricidade e do magnetismo, nesta escola.

3.2. Projeto de um “laboratório” de eletricidade e magnetismo

3.2.1. Descrição do projeto

Este projeto integra um conjunto de atividades escolhidas de entre aquelas que mais se adequam aos conteúdos programáticos do ensino secundário e que não estão incluídas nas atividades de realização obrigatória (Tabela 5 do anexo 1). Trata-se de atividades que, não estando previstas nos programas, poderão contribuir, de alguma forma, para a aprendizagem das ciências e para motivar os alunos para esta área do conhecimento. Por esse motivo, admite-se a possibilidade de implementar o projeto quer nas aulas das disciplinas de Física e Química quer num clube de ciência. As atividades laboratoriais já previstas nos programas curriculares, sendo de realização obrigatória e tendo objetivos muito bem definidos, encontram-se já muito bem estruturadas e planificadas nos manuais escolares, pelo que não foram enquadradas no objeto deste projeto.

Não se pretende que os alunos repliquem as experiências clássicas da eletricidade e do magnetismo, tal como as mesmas foram realizadas nos séculos XVIII e XIX. Pretende-se que tomem contacto com os fenómenos, observando-os e refletindo sobre os mesmos, tendo por base os conhecimentos teóricos já adquiridos, fazendo a ponte entre esses conhecimentos e o que observam e desenvolvam a curiosidade científica e o interesse pelo estudo da Natureza. Pretende-se, ainda, desenvolver a capacidade dos alunos para identificar e controlar as variáveis que podem influenciar o resultado de uma atividade laboratorial, o que lhes facilitará a realização e compreensão das atividades laboratoriais de realização obrigatória. Apresentam-se atividades básicas e com materiais simples, pretendendo-se desmistificar a ideia de que são necessárias tecnologias muito avançadas e equipamentos muito sofisticados para estudar a eletricidade e o magnetismo, pretendendo-se, essencialmente, que os alunos observem os fenómenos. A maior parte das experiências está referenciada nos manuais escolares e não se apresenta qualquer inovação, apenas se fazendo uma compilação de um conjunto de atividades que consideramos importantes. Por esse motivo, as atividades são essencialmente de carácter qualitativo, embora nalgumas se recolham informações quantitativas para, posteriormente, fazer o tratamento desses dados e confirmar as leis teóricas já conhecidas sem, no entanto, recorrer a cálculos elaborados ou a teorias de erros. Essa tarefa encontra-se já associada às atividades laboratoriais de realização obrigatória.

O projeto inclui apenas atividades laboratoriais que ilustram os conceitos e conteúdos teóricos em estudo e que permitem aos alunos uma melhor compreensão dos fenómenos elétricos e magnéticos. O próprio programa da disciplina de Física e Química A (Fiolhais, Festas, Damião, Ferreira, et al., 2014) apresenta algumas sugestões:

- Na página 18 podemos ler: *O estudo de sistemas elétricos permite consolidar aprendizagens anteriores e é um pré-requisito para trabalhos laboratoriais posteriores e para o estudo da indução*

eletromagnética no 11º ano. E ainda, no domínio “Ondas e eletromagnetismo” (...) introduzem-se a origem e a caracterização de campos elétricos e magnéticos, enfatizando a indução eletromagnética e a sua aplicação na produção industrial de corrente elétrica.

- Na página 24 é referido que a observação de espectros elétricos e magnéticos, reais e em simulações, deverá ser o ponto de partida para a análise das linhas de campo. Recomenda-se a realização experimental do fenómeno de indução eletromagnética, exemplificando os modos de variar o fluxo do campo magnético que atravessa uma superfície plana delimitada por um circuito.

3.2.2.Objetivos do projeto

Face ao anteriormente exposto, definem-se os seguintes objetivos para o projeto:

- Aumentar a motivação e o interesse dos alunos pelo estudo das ciências, em geral, e da Física em particular;
- Proporcionar aos alunos momentos de aprendizagem mais informal e lúdica;
- Desenvolver o gosto pela observação e estudo dos fenómenos naturais;
- Complementar os conteúdos teóricos da disciplina de Física e Química com demonstrações práticas dos mesmos.

3.2.3.Recursos humanos e materiais

As atividades que propomos realizam-se com materiais simples e, tanto quanto possível, do quotidiano por estarem mais acessíveis a todas as escolas e aos alunos. Propõe-se a formação de conjuntos com o material necessário para cada uma das atividades, os quais ficam disponíveis para utilização sempre que necessário, sem que os professores tenham que despende tempo para preparar das mesmas. Sugere-se também a construção de uma “caixa de experiências” com todos os materiais necessários, a qual poderá ser construída pelos próprios alunos que também se responsabilizam pela manutenção da mesma.

Em termos de recursos humanos, o projeto é concretizado pelos professores da escola e pelos respetivos alunos, quer nas aulas quer em clubes de ciências. Todas as atividades podem ser desenvolvidas pelos professores, de forma ilustrativa, ou realizadas pelos próprios alunos em modelo investigativo ou ilustrativo.

3.2.4. Atividades experimentais propostas

Apresentam-se de seguida as seis atividades propostas para o projeto.

Atividade 1 – Circuitos elétricos e grandezas elétricas

Esta atividade destina-se aos alunos do 9º ano de escolaridade, no âmbito da primeira abordagem ao estudo da corrente elétrica. Pretende-se que os alunos estabeleçam um primeiro contacto com os conceitos de circuito elétrico, fonte ou gerador, recetores e materiais condutores e isoladores. Numa segunda parte da atividade, os alunos irão abordar os conceitos de corrente elétrica, de diferença de potencial e de resistência elétrica e, de forma quantitativa, verificar as relações entre estas grandezas num circuito elétrico. A atividade também pode ser utilizada no 10º ano, como forma de rever os conceitos estudados no ano anterior.

A atividade está estruturada em várias partes:

- Na Parte I pretende-se que os alunos percebam o conceito de circuito elétrico. Para tal, começa-se por fornecer aos alunos uma pilha, uma lâmpada e um fio condutor, solicitando-lhe que façam as ligações que considerem adequadas para conseguir acender a lâmpada. Os alunos devem, livremente, tentar várias opções até conseguirem alcançar o objetivo.

De seguida, os alunos recebem um segundo fio e voltam a tentar até conseguir acender a lâmpada. O professor pode sugerir várias formas de ligação para que os alunos experimentem cada uma delas, incluindo a situação em que usam apenas um polo da pilha.

No final, discutem a realização da atividade no sentido de que os alunos compreendam os seguintes aspetos:

- um circuito tem que incluir, sempre, três tipos de componentes: pilha ou gerador, recetores e fios condutores;
 - para que os recetores funcionem é necessário que o circuito seja um percurso fechado com início num polo da pilha e final no outro, sem que haja ligação direta (curto-circuito);
 - o recetor tem que estar ligado aos dois polos da pilha para poder funcionar.
- Na Parte II pretende-se que os alunos se familiarizem com os conceitos de condutor e não condutor. Desta forma, depois de instalarem um circuito com uma pilha e uma lâmpada, devem intercalar vários materiais no circuito, verificando que a lâmpada só acende com alguns deles (condutores).

- Na Parte III os alunos tomam contacto com os aparelhos de medida (voltímetro e amperímetro) e aprendem a colocá-los no circuito. Para isso, para além da pilha, da lâmpada e dos fios condutores, os alunos recebem um amperímetro e um voltímetro, sendo-lhes pedido que tentam ligar cada um deles no circuito até que consigam efetuar uma leitura. Nesta fase, é importante acompanhar os alunos na tentativa de ligação dos aparelhos a fim de que sejam respeitadas as regras de segurança, podendo sugerir-se várias formas de ligar. Note-se, ainda, que para a realização desta parte da atividade é necessário que os alunos já conheçam os conceitos de corrente elétrica e de diferença de potencial.

Depois de conseguirem ligar os aparelhos da forma adequada, os alunos devem experimentar a ligação com a polaridade invertida. Desta forma, poderão compreender melhor os conceitos de polaridade e de sentido da corrente elétrica.

Na discussão final, os alunos devem compreender que:

- os voltímetros são ligados em paralelo com os elementos do circuito;
- os amperímetros ligam-se em série com os restantes elementos do circuito;
- a corrente elétrica tem um determinado sentido no circuito.

- Na Parte IV da atividade os alunos irão estudar associações de elementos em série e em paralelo. Disponibilizando uma pilha, duas lâmpadas e fios condutores, solicita-se aos alunos que experimentam efetuar várias formas de ligação destes elementos, podendo ser apresentadas várias sugestões.

Os alunos devem analisar o brilho das lâmpadas e concluir que este é diferente nas duas associações. Devem também desligar uma das lâmpadas, em cada uma das associações, para que compreendam que, na associação em série, todo o circuito deixa de funcionar mas, na associação em paralelo, tal não acontece. Deve ter-se em atenção que, para a comparação do brilho das lâmpadas, estas devem ter as mesmas características.

De seguida, fornecer amperímetros e voltímetros aos alunos, solicitando que, para cada uma das associações, façam leituras da diferença de potencial nos terminais da pilha e de cada um dos elementos; devem também efetuar leituras da corrente elétrica que passa na pilha e em cada uma das lâmpadas.

No final, devem discutir os resultados a fim de concluir que:

- na associação em série, se desligarem um elemento, os restantes deixam de funcionar, situação que não acontece na associação em paralelo;
 - a corrente elétrica é sempre igual em todos os elementos de uma associação em série;
 - a corrente elétrica, numa associação em paralelo, divide-se pelos vários elementos;
 - a diferença de potencial é sempre igual em todos os elementos de uma associação em paralelo;
 - numa associação em série, a diferença de potencial da fonte é igual à soma das diferenças de potencial dos diferentes elementos.
- Na Parte V, e última, desta atividade, os alunos estudam o conceito de resistência elétrica e confirmam a Lei de Ohm. Esta atividade realiza-se depois de ter sido abordado, teoricamente, o conceito de resistência elétrica, iniciando-se pela medição, com um multímetro ou um ohmímetro, dos valores de várias resistências elétricas (lâmpadas, resistências de carvão, de um voltímetro, de um amperímetro, etc.).

Começa-se por solicitar a instalação de um circuito em série com uma fonte de tensão variável, uma resistência elétrica e um amperímetro e um voltímetro que façam medições na mesma. Depois de fechar o circuito, efetuar leituras de diferentes correntes elétricas e das correspondentes diferenças de potencial.

No final, discutir os valores obtidos, levando os alunos a verificar que existe uma relação de proporcionalidade direta entre as duas grandezas medidas e que a constante de proporcionalidade é a resistência elétrica. Os alunos devem também verificar que a resistência elétrica interna de um voltímetro é muito elevada enquanto a de um amperímetro é muito baixa.

Atividade 2 – Eletrostática

Com esta atividade pretende-se mostrar o processo de eletrização por fricção e as interações entre corpos com carga elétrica. No âmbito dos conteúdos curriculares, pode ser usada no 12º ano, aquando do estudo da Lei de Coulomb. No entanto, também pode ser uma atividade interessante para realizar numa exposição ou num clube de ciências, situação em que se poderão realizar algumas das extensões que propomos mais adiante, nomeadamente, estudar a série triboelétrica. Ressalva-se que a realização da atividade implica que os alunos já conheçam o conceito de carga elétrica.

Para a realização da atividade iremos necessitar de barras diversas (de plástico, de vidro e de metal), materiais para friccionar as barras (pele, lã, seda, papel ou película aderente) e pequenos objetos leves

(pedacinhos de papel, penas, ...). Começa-se por friccionar a barra num dos materiais disponíveis e a aproximá-la dos pedacinhos de papel, verificando que os mesmos são atraídos. Devem experimentar friccionar as diversas barras com os diversos materiais para observar se há diferenças em relação à atração, ou não, dos pedaços de papel.

Posteriormente, suspende-se uma barra de um fio isolador (basta um fio de algodão ou de *nylon*) e eletriza-se uma extremidade com uma pele ou com um pano. De seguida eletriza-se uma outra barra do mesmo material com a mesma pele ou pano e aproximam-se, sem tocar, as duas barras. Observa-se o que acontece.

Estando disponíveis barras de vidro e de plástico, repetir o processo anterior, suspendendo uma barra eletrizada com um pano de seda e aproximando a outra, também eletrizada com o mesmo pano. Observar o que acontece.

No âmbito do estudo, em química, da polaridade da água, também se pode realizar esta atividade, aproximando uma barra carregada de um fio de água corrente e observando o desvio provocado no fio, resultante do facto de as moléculas de água serem polares e, portanto, se comportarem como um corpo com carga elétrica.

No final da realização da atividade, discutem-se os resultados, a fim de que os alunos possam concluir que:

- a fricção dos materiais leva a que estes fiquem com carga elétrica em excesso;
- a fricção de uma barra de metal que não esteja isolada não produz qualquer excesso de carga na barra;
- barras de diferentes materiais, friccionadas da mesma forma, irão atrair-se entre si;
- barras do mesmo material, friccionadas da mesma forma, irão repelir-se entre si.

É importante que o professor explique aos alunos que, durante a fricção, ocorre transferência de cargas elétricas entre os materiais. Se os materiais forem isoladores, essas cargas ficam acumuladas na zona para onde são transferidas e o corpo fica carregado eletricamente; se os materiais forem condutores, a carga elétrica transferida desloca-se ao longo do corpo e não fica acumulada.

Extensões:

- Na realização desta atividade fora do âmbito das aulas (num clube de ciências, por exemplo), pode-se eletrizar vários materiais, por fricção, observar o comportamento dos mesmos, uns em relação aos outros, e ordená-los pela capacidade de se eletrizarem positivamente ou negativamente.

- Se houver condições físicas do espaço onde se realiza a atividade, podendo escurecê-lo, é possível observar pequenas faíscas a passar entre duas barras com cargas diferentes que se aproximam sem tocar.

- Em vez de duas barras também é possível realizar a atividade com dois balões cheios e suspensos por um fio. Funciona melhor se os balões forem revestidos com folha de alumínio.

Notas: (1) Esta atividade não funciona bem em dias húmidos. (2) Consultando uma série triboelétrica consegue-se compreender melhor qual é o tipo de carga adquirido por cada um dos materiais friccionados e, assim, selecionar aqueles que nos permitirão observar melhor o que pretendemos (atração ou repulsão).

Atividade 3 – Linhas de campo elétrico e magnético

Quando se ensina o conceito de campo aos alunos, uma das maiores dificuldades que sentimos é a de explicar o conceito de linhas de campo. Talvez por ser um conceito demasiado teórico ou por ser de difícil visualização. Nesta atividade, pretendemos que os alunos visualizem linhas de campo e que compreendam melhor este conceito, pelo que a mesma deve ser realizada no 11º ano ou no 12º ano, quando se trabalham os conceitos de campo elétrico e de campo magnético.

As linhas de um campo elétrico podem ser visualizadas usando pequenos pedaços de um material que se irão alinhar de acordo com as referidas linhas ao sofrerem a ação de uma força elétrica. Enchemos uma caixa de vidro (caixa de Petri, por exemplo) com óleo e pequenos pedaços de cabelo fino ou sementes muito pequenas. No interior do óleo colocamos dois pequenos fios de cobre, afastados um do outro e fixos à caixa, os quais se ligam, cada um, a um polo de uma fonte de tensão. O sistema é idêntico ao de um voltâmetro. Ao ligarmos a fonte de tensão, os fios de cabelo (ou as sementes) irão dispor-se ao longo das linhas de força do campo elétrico, permitindo-nos visualizar essas mesmas linhas. Nota: a realização desta atividade requer uma fonte de tensão da ordem dos milhares de volts (10 kV, por exemplo).

Podemos também visualizar as linhas de campo elétrico entre duas placas planas e paralelas. Para isso, basta substituir os fios de cobre por duas placas de cobre retangulares.

A visualização das linhas do campo magnético criado por um íman é mais simples do que a visualização das linhas de campo elétrico. Vamos começar por utilizar um íman em barra, uma folha de cartão ou uma folha de acetato grossa com uma área maior do que a do íman e limalha de ferro. Coloca-se o íman sobre a mesa, cobre-se com o cartão ou a folha de acetato e espalha-se a limalha de ferro sobre a placa. As partículas de limalha irão dispor-se segundo as linhas de campo magnético, permitindo a sua visualização. Por vezes é necessário dar pequenos toques na placa para que as partículas de limalha se

alinhem com as linhas de campo magnético. Pode repetir-se a experiência com um íman em ferradura, por exemplo.

Nesta atividade, os alunos devem registrar as figuras obtidas em cada situação, confirmando que são idênticas às que constam dos manuais. Pode também discutir-se a forma das linhas em cada uma das situações, permitindo assim uma melhor consolidação dos conhecimentos.

Atividade 4 – Campos magnéticos criados por correntes elétricas (experiência de Oersted)

No âmbito do estudo das interações magnéticas, no 11º ano, é abordada a questão da criação de campos magnéticos por ação das correntes elétricas. Assim, apresentamos uma atividade que permitirá visualizar melhor esses campos magnéticos e, desta forma, assimilar os conhecimentos relativos a este fenómeno.

Começamos por verificar que a passagem de uma corrente elétrica por um fio condutor produz um efeito magnético. Para isso, vamos usar uma pilha, um fio condutor e uma bússola. Coloca-se a bússola em repouso sobre a mesa, liga-se uma extremidade do fio ao polo positivo da pilha e estende-se o fio exatamente por cima da agulha magnética da bússola e alinhado com esta. Depois, mantendo esta parte do fio esticado, toca-se rapidamente com a outra extremidade no polo positivo da pilha. Pode prender-se a pilha à mesa o que irá facilitar o processo de esticar o fio. Observa-se o que aconteceu à agulha magnética da bússola. **ATENÇÃO:** o circuito deve estar fechado o menor intervalo de tempo possível porque, como estamos perante um curto-circuito, a pilha irá descarregar rapidamente. Pode agora repetir-se a experiência, ligando o fio ao polo positivo e tocando com a extremidade livre no polo negativo. Registrar o que se observa e comparar com o resultado anterior.

Numa segunda parte da atividade, vamos enrolar um pedaço de fio de cobre, sem retirar o revestimento de plástico, num lápis (por exemplo), de forma a obter um enrolamento a que chamamos bobina. Coloca-se uma das extremidades da bobina junto à agulha magnética e liga-se uma ponta do fio ao polo positivo da pilha. Tal como se fez na atividade anterior, toca-se rapidamente com a outra extremidade do fio no polo negativo da pilha. Regista-se o que se observa na agulha magnética da bússola. Repete-se a experiência, trocando os polos da pilha e regista-se de novo o que se observa, comparando com a primeira situação.

Extensão: pode utilizar-se o procedimento da atividade anterior para observar as linhas do campo magnético criado por um fio condutor retilíneo, por um fio condutor circular e por uma bobina. Para isso, faz-se o seguinte: (1) coloca-se um fio retilíneo na vertical e a atravessar uma folha de cartolina colocada perpendicular ao mesmo; espalha-se limalha de ferro pela cartolina e faz-se passar uma corrente elétrica pelo fio, devendo observar-se as linhas de campo magnético circulares e concêntricas com o fio. (2) Forma-se um círculo com o fio e coloca-se a folha de cartolina a passar por um diâmetro

desse círculo (o fio deverá entrar de baixo para cima da cartolina e sair de cima para baixo); espalhar a limalha de ferro na cartolina e fazer passar corrente elétrica pelo fio; as limalhas devem alinhar-se de acordo com as linhas do campo magnético. (3) Repete-se o processo anterior usando, não um anel mas vários consecutivos (uma bobina cujo fio entra sempre do mesmo lado da cartolina e sai do lado oposto); usando a limalha de ferro e fazendo passar corrente elétrica na bobina, observam-se as linhas do campo magnético criadas por esta.

Na discussão desta atividade prática os alunos devem compreender porque é que:

- a agulha magnética se desvia quando passa corrente no fio o que mostra que a corrente elétrica cria um campo magnético;

- mudando o sentido da corrente, muda também o sentido do campo magnético, uma vez que a agulha se desvia noutro sentido;

- uma bobina cria um campo magnético cujo sentido depende do sentido da corrente.

Analisando os sentidos da corrente e do desvio da agulha, os alunos podem relacionar estes dois.

Atividade 5 – Indução eletromagnética

O fenómeno da indução eletromagnética é estudado no 11º ano, pelo que se inclui aqui uma atividade que permita demonstrá-lo e compreender melhor quais são as variáveis que podem influenciar a força eletromotriz (f.e.m.) induzida.

Para realizar esta atividade são necessárias duas bobinas com diferente número de espiras e que possam ser colocadas de forma concêntrica (uma dentro da outra), um íman, uma fonte de tensão, fios condutores e um galvanómetro ou um voltímetro.

Começa-se por ligar a bobina exterior ao voltímetro. Introduz-se, lentamente, o íman na bobina e observa-se e regista-se o valor lido pelo voltímetro. De seguida, coloca-se o íman em repouso no interior da bobina e regista-se, novamente, o valor lido pelo voltímetro. Numa terceira fase, movimenta-se o íman dentro da bobina, nos dois sentidos e com velocidades diferentes, observando e registando o que é indicado pelo voltímetro. (Nota: uma vez que não são importantes os registos quantitativos, a atividade pode ter melhores resultados se for usado um voltímetro analógico). Repetir todo o procedimento mas, desta vez, fixando o íman e movimentando a bobina. Comparar os resultados obtidos com os anteriores. Repetir mais uma vez o procedimento inicial mas usando uma bobina de diferente número de espiras, registando o que se observa e comparando com os primeiros resultados obtidos.

Numa segunda fase repete-se o procedimento inicial substituindo o íman em barra por uma bobina ligada a uma fonte de tensão a qual, como já sabemos, funciona como um íman. Observar e registar o que ocorre e comparar com as observações efetuadas quando se utilizou o íman.

No final desta atividade devem discutir-se os resultados levando os alunos a concluir que:

- o voltímetro regista um valor apenas quando o íman e a bobina têm um movimento relativo; ou seja, só há força eletromotriz quando há movimento relativo do íman e da bobina;

- o valor registado pode ser positivo ou negativo, consoante o sentido em que ocorre o movimento relativo do íman e da bobina; ou seja, o sentido da corrente elétrica induzida varia com o sentido do movimento do íman;

- o valor f.e.m. registada depende da velocidade com que o íman se movimenta, em relação à bobina e do número de espiras.

Atividade 6 – Gaiola de Faraday

No 12º ano, quando se estudam campos elétricos, é abordada a questão dos condutores em equilíbrio eletrostático, enquadrando-se, nesse âmbito, a caracterização da “gaiola de Faraday”. Tendo em conta este aspeto, considerou-se importante demonstrar aos alunos o funcionamento deste dispositivo, usando materiais simples.

Esta atividade realiza-se com um telemóvel e com um pedaço de folha de alumínio. Para a sua execução basta embrulhar muito bem o telemóvel na folha de alumínio e efetuar uma chamada para o mesmo. Os alunos irão constatar que o telemóvel não vai receber a chamada.

Na discussão, o professor deve levar os alunos a compreender que:

- o telemóvel está envolto numa caixa de metal (condutor elétrico), a qual constitui um condutor oco; por sua vez, as cargas elétricas, desde que não estejam no interior oco, não produzem campo elétrico no interior do condutor. Desta forma não se produzem fenómenos elétricos no interior do condutor. Sendo a radiação eletromagnética a composição de um campo elétrico e de um campo magnético, esta não irá alcançar o interior da caixa e, portanto, o telemóvel.

Versão alternativa: nalgumas escolas existem instrumentos que funcionam como gaiola de Faraday, podendo colocar-se o telemóvel no seu interior, em substituição da folha de alumínio. Também é possível construir uma bolsa para o telemóvel usando rede metálica, de preferência de malha fina; neste caso, é importante que o telemóvel fique todo envolto pela rede, tal como acontece com a folha de alumínio.

3.2.5. Calendarização do projeto

A implementação de um projeto desta natureza não implica qualquer tipo de calendarização específica, ressalvando-se apenas que as atividades devem ser realizadas quando se estudam os conteúdos teóricos associados para que os alunos façam, mais facilmente, a ligação entre os dois.

No entanto, é primeiro necessário proceder à montagem e teste de cada uma das atividades propostas, podendo considerar-se como sendo a primeira fase. Esta poderá também ser utilizada para a preparação dos conjuntos de material associado a cada atividade, se a escola dispuser de recursos suficientes para tal; caso se opte pela solução em que cada aluno ou grupo de alunos constrói o seu próprio conjunto de materiais, deverá ser nesta fase que inicia a sua preparação. Desta forma, quando se iniciar a realização das atividades nas aulas, todo o material estará disponível, não sendo necessário despendar tempo adicional para a sua preparação. Idealmente, a primeira fase deve decorrer durante os dois primeiros meses de aulas de cada ano letivo, tendo em conta que as atividades experimentais de eletricidade e magnetismo, de acordo com as sequências previstas nos programas, ocorrem habitualmente a partir do terceiro mês de aulas.

Também poderá ser vantajoso realizar as atividades de forma sequencial, ao longo dos vários anos letivos. Ou seja, no primeiro ano de implementação do projeto só se realizam as atividades destinadas aos alunos do 9º ou do 10º ano; no segundo ano, esses mesmos alunos realizarão as atividades correspondentes ao ano letivo seguinte; e assim sucessivamente. Desta forma, teremos um grupo de alunos que irá realizar todas as atividades, sequencialmente ao longo dos vários anos de escolaridade, o que permitirá avaliar melhor o impacto da realização das mesmas nas aprendizagens. A título meramente ilustrativo, apresenta-se a tabela seguinte com uma possível calendarização da realização das atividades.

Tabela 3-1 – Hipotética calendarização da implementação do projeto. A atividade 1 pode ser realizada no 9º ano, e revisitada no 10º ano, ou apenas no 10º ano, enquadrando-se nos conteúdos programáticos dos dois anos; as atividades 2, 3, 4 e 5 enquadram-se nos conteúdos programáticos do 11º ano; a atividade 6 apenas se enquadra nos conteúdos programáticos do 12º ano.

Atividades	9º ano	10º ano	11º ano	12º ano
1	X	X		
2			X	
3			X	
4			X	
5			X	
6				X

Ressalva-se, no entanto, que cada professor tem total liberdade para escolher a sua própria calendarização do projeto, com as consequências que daí possam advir para a avaliação do impacto do mesmo.

3.2.6. Avaliação do projeto

A avaliação do projeto visa obter informação sobre a exequibilidade das atividades e sobre o impacto daquele nas aprendizagens dos alunos. Por um lado, é importante saber até que ponto é que as atividades podem ser realizadas e o que é necessário alterar. Desta forma, podem ser introduzidos ajustes que contribuirão para a obtenção de melhores resultados, quer experimentais, quer conceptuais. Por outro lado, uma vez que se pretende aumentar a motivação e o interesse dos alunos para a aprendizagem das ciências, é necessário avaliar o impacto da realização das atividades nas aprendizagens.

A avaliação da exequibilidade das atividades deverá ser efetuada no final de cada ano de realização das mesmas, pelo grupo de professores que as tenha desenvolvido nas suas aulas. Competirá a esse grupo discutir a forma como as atividades estão estruturadas e as condições de execução das mesmas, propondo ajustes e alterações que serão aplicados no ano seguinte. É também proveitoso que os professores envolvidos experimentem formas alternativas de realizar cada uma das atividades e que as incorporem nos guiões respetivos, obtendo-se, assim, resultados experimentais cada vez melhores.

A avaliação do impacto da realização das atividades nas aprendizagens implica um estudo investigativo que não cabe no âmbito deste trabalho. Neste sentido, apenas poderemos sugerir alguns indicadores que nos possam dar informação sobre o impacto em causa; por exemplo, resultados dos alunos nas provas de carácter teórico-prático, resultados dos alunos nas avaliações finais ou número de alunos que se inscrevem nas disciplinas de Física e Química A e de Física do ensino secundário. No entanto, estes indicadores dependem de muitos outros fatores, pelo que, uma melhoria em qualquer um

deles pode em nada estar relacionada com a realização das atividades práticas nas aulas. Para colmatar este aspeto da avaliação do impacto nas aprendizagens propõe-se que os professores envolvidos efetuem uma avaliação informal, anual, em que apresentem as suas opiniões pessoais sobre o efeito da realização das atividades e em que apresentem sugestões de melhoria da metodologia de aplicação do projeto com vista a alcançar os objetivos fundamentais a que o mesmo se propõe: aumentar a motivação e o interesse dos alunos pelo estudo das ciências.

4. Reflexão final

Ao longo deste trabalho procurámos encontrar resposta para uma problemática que decorre da nossa experiência profissional: a falta de interesse e de motivação dos alunos pelo estudo da Física e, mais concretamente, da eletricidade e do magnetismo. Esta problemática levou-nos a definir como objetivo a planificação de atividades práticas para as aulas de Física do ensino secundário que permitam, aos alunos, observar e estudar fenómenos elétricos e magnéticos.

Para a concretização do projeto, foi necessário, numa primeira fase, efetuar uma fundamentação teórica com os conceitos e a investigação efetuada no âmbito do ensino experimental. Esta fundamentação dividiu-se em três subcapítulos, tendo-se começado por uma resenha histórica dos conceitos de eletricidade e de magnetismo, atendendo a que a escolha das atividades propostas é indissociável dos mesmos, bem como da sua evolução ao longo do tempo. Conseguimos, assim, fundamentar do ponto de vista científico as atividades planificadas e demonstrar que o conhecimento atual é fruto do contributo de várias pessoas que, ao longo dos séculos, dedicaram a sua vida a estudar os fenómenos envolvidos.

No segundo subcapítulo apresentou-se uma pesquisa bibliográfica relativa à investigação no âmbito do ensino experimental da Física e, mais concretamente, da eletricidade e do magnetismo. No entanto, face às referências encontradas, optou-se por tentar compreender quais as implicações do ensino experimental das ciências nas aprendizagens dos alunos, de onde destacamos os seguintes aspetos:

- Regista-se um significativo número de estudos nesta área. No entanto, as conclusões dos mesmos dependem da forma como os mesmos são realizados, das variáveis envolvidas e da forma como as atividades práticas são realizadas.

- Em Portugal, os estudos realizados neste âmbito mais específico da eletricidade e do magnetismo são muito poucos, tendo apenas sido identificado um trabalho realizado entre 1998 e 2002 pela Sociedade Portuguesa de Física e pela Sociedade Portuguesa de Química.

- Não está claramente demonstrado que o trabalho prático contribua de forma significativa para uma aprendizagem mais efetiva no âmbito das ciências. No entanto, parece haver algum incremento na motivação para o estudo das ciências, sendo necessária a adoção de novos procedimentos, por parte dos professores, para que as atividades práticas sejam efetivamente úteis.

No terceiro subcapítulo da fundamentação teórica, analisámos os programas curriculares das disciplinas de Física e Química A e de Física o que permitiu identificar os temas que são abordados e, a partir dos objetivos e metas que se pretende que sejam atingidos, escolher os fenómenos em estudo e as atividades práticas que permitem observá-los.

O terceiro capítulo do trabalho foi dedicado à apresentação do projeto proposto. Tratando-se de um projeto que se pretende implementar numa escola, considerou-se importante conhecer a perspetiva dos docentes dessa escola relativamente ao trabalho prático, bem como as práticas que os mesmos seguem. Assim, realizou-se um pequeno estudo junto dos referidos docentes, o qual consistiu num inquérito por entrevista. O tratamento das respostas permitiu-nos concluir, essencialmente, três aspetos:

- Os docentes realizam trabalho prático nas suas aulas e consideram-no importante para a motivação dos alunos, embora não consigam perceber o efeito desse trabalho nas aprendizagens dos alunos;

- No entanto, não diversificam o tipo de atividades que realizam nas aulas, recorrendo essencialmente às abordagens demonstrativas, em que o professor realiza o trabalho e os alunos assistem, ou tipo “receita”, em que os alunos seguem um conjunto de instruções. Não recorrem, portanto, à metodologia de resolução de problemas sem recurso a um guião pré-definido;

- Há um alinhamento das perspetivas dos docentes com os estudos que apresentámos na revisão de literatura, sobretudo no aspeto da motivação para o estudo da Física decorrente da realização das atividades práticas. Por outro lado, embora nem todos tenham feito referência a esse aspeto, há alguns que consideram não estar demonstrado que as atividades práticas conduzam a melhorias significativas nas aprendizagens.

Na segunda parte deste capítulo, apresentaram-se os objetivos e as atividades que incluem o projeto, tendo sempre como linha orientadora a utilização de materiais acessíveis e a realização de trabalhos simples mas significativos do ponto de vista da visualização dos fenómenos elétricos e magnéticos estudados nas aulas. A identificação, de forma genérica, dos recursos e a apresentação de uma proposta de calendarização, complementaram este subcapítulo.

No final da apresentação do projeto, discute-se brevemente uma possível forma de avaliar a implementação do mesmo, bem como os seus efeitos nas aprendizagens. Este é um aspeto que consideramos ter ficado em aberto, propondo que o mesmo se possa constituir como objeto de um trabalho de investigação posterior. A avaliação de um projeto desta natureza e, em especial, das implicações que o mesmo possa trazer para as aprendizagens dos alunos, parece-nos ser demasiado complexa e extravasar o objetivo do trabalho de mestrado que apresentamos. Os principais fatores que contribuem para que se remeta este trabalho para um estudo posterior são, por um lado, a identificação e definição das variáveis envolvidas no estudo das implicações do projeto na motivação e nas aprendizagens dos alunos; por outro, a recolha e tratamento de informação, com a necessária escolha e aplicação das técnicas de investigação mais adequadas.

Um outro aspeto que deixamos como sugestão para um trabalho posterior é a delineação e implementação de um conjunto de ações de formação para docentes na área da eletricidade e do

magnetismo e, muito concretamente, das atividades que o projeto contempla. Para que o projeto possa ser implementado na escola, ou até generalizado para outras, é fundamental que os docentes se apropriem das atividades e saibam tirar o máximo partido das mesmas. Para isso, deixa-se em aberto a possibilidade de, no futuro, se efetuarem formações com o apoio dos professores da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

A finalizar, uma nota pessoal: a realização deste trabalho revelou-se muito estimulante na medida em que permitiu visitar alguns conceitos científicos há muito estudados, bem como a apropriação e o desenvolvimento de outros; por outro lado, permitiu-nos um contacto com uma realidade que desconhecíamos, nomeadamente, o trabalho de investigação em geral e, em particular, nas ciências da educação.

Referências

- Abrahams, I. (2011). *Practical work in secondary science: a minds-on approach*. London ; New York: Continuum.
- Afonso, M. (2013). *Que ciência se aprende na escola?* Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Araújo, M., & Abib, M. (2003). Atividade experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira do Ensino de Física*, 25(2), 176–194.
- Barbosa, J., Paulo, R., & Rinaldi, C. (1999). Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 16(1), 105–122.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R., & Loughran, J. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27.
- Binnie, A. (2001). Using the history of electricity and magnetism to enhance teaching. *Science & Education*, 10(4), 379–389.
- Cachapuz, A., Praia, J., & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico - From Science Education to Science Teaching: an epistemological rethinking. *Ciência & educação*, 10(3), 363–381.
- Calado, J. (2011). *Haja Luz! Uma História da Química Através de Tudo*. Lisboa: Instituto Superior Técnico Press.
- Carvalho, S., Sousa, S., Paiva, A. & Ferreira, A. (2013). *Ensino Experimental das Ciências: um guia para professores do ensino secundário: física e Química*. (2ª ed.) Porto: U. Porto editorial.
- Carvalho, R. (1995). *A Física no dia-a-dia*. Lisboa: Relógio D'Água Editores.
- Carvalho, R. (2004). *Cadernos de Iniciação Científica*. Lisboa: Relógio D'Água Editores.
- Cooke, C. (2014). *An Introduction to Experimental Physics*. Hoboken: CRC Press.
- Fiolhais, C. et al. (2013). *Metas curriculares do 3º ciclo do ensino básico - Ciências Físico-Químicas*. Obtido de http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfq_metas_curriculares_3c_0.pdf
- Fiolhais, C., et al. (2014a). *Programa de Física e Química A - 10º e 11º anos*. Obtido de http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Fisica_Quimica_A/programa_fqa_10_11.pdf

- Fiolhais, C., Portela, C., Ventura, G., & Nogueira, R. (2014b). *Metas Curriculares de Física - 12º ano*.
Obtido de
http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Documentos_Disciplinas_novo/Curso_Ciencias_Tecnologias/Fisica/metas_curriculares_fisica_12_ano.pdf
- Fiolhais, M., Cardoso, E., Ventura, G., & Paixão, J. (2004, Outubro 21). *Programa de Física - 12º ano*. Ministério da Educação. Obtido de
http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Secundario/Documentos/Programas/Recorrente/progfisica_recorrente_12_ano.pdf
- Forrester, R. (2016). *History of Electricity*. Obtido de
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2876929
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of research in science teaching*, 37(7), 655–675.
- History of electromagnetic theory. (2017, agosto 28). Em *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Obtido em 29 de agosto de 2017, de
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=History_of_electromagnetic_theory&oldid=791193385
- Hodson, D. (1988). Experiments in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 53-66.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 299–313.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 247–264.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1980). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Research Implications. Obtido de <https://eric.ed.gov/?id=ED188912>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry education research and practice*, 8(2), 105–107.

- Koponen, I. T., & Mäntylä, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science & Education*, 15(1), 31–54.
- Leite, L. (2000). *As atividades laboratoriais e a avaliação das aprendizagens dos alunos*. Obtido de <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10039/1/As%20atividades%20laboratoriais%20e%20a%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20das%20aprendizagens%20dos%20alunos.pdf>
- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das.pdf. *Cadernos Didáticos de Ciências*, 1, 77–96.
- Leite, L. (2002). As atividades laboratoriais e o desenvolvimento conceptual.pdf. Em *Actas do XV Congreso de ENCIGA* (pp. 83–92). Santiago de Compostela: Boletim das Ciências. Obtido de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10038/3/As%20atividades%20laboratoriais%20e%20o%20desenvolvimento%20conceptual.pdf>
- Leite, L. (2005). *Evaluating students' learning from laboratory investigations*. Obtido de <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9914>
- Leite, L., & Afonso, A.S. (2001). Aprendizagem baseada na resolução de problemas. *Boletim das Ciências*, (48), 253–260.
- Leite, L., & Dourado, L. (2007). Das reformas curriculares às práticas em sala de aula: o caso das atividades laboratoriais no ensino das ciências. *Boletim Paulista de Geografia*, (86), 95–122.
- Leite, L., & Dourado, L. (2013). Laboratory Activities, Science Education and Problem-solving Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 1677–1686. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.190>
- Leite, L., & Esteves, E. (2004). Atividades Laboratoriais e Evidências Indirectas. Em *Actas do XVII Congreso de Enciga*. IES nº 1 de Ribeira. Obtido de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4126/1/Actividades%20Laboratoriais%20e%20Evid%C3%Aancias%20Indirectas%20-%20Actas%20do%20XVII%20Congreso%20de%20Enciga.pdf>
- Lewin, W. (2016). *A paixão da física*. Lisboa: Gradiva Publicações S. A.
- Martins, A. (2002). *Livro Branco da Física e da Química (Diagnóstico 2000 - Recomendações 2002* (1ª). Aveiro: SPF e SPQ.

- Millar, R. (2003). Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(2). Obtido de <http://www.redalyc.org/html/1295/129517970006/>
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. *High school science laboratories: Role and vision*. Obtido de http://sites.nationalacademies.org/dbasse/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073330.pdf
- Millar, R. (2010). Practical Work. In J. Osborne & J. Dillon (Eds.), *Good practice in science teaching: what research has to say* (pp. 108-134). Berkshire: Open Univ. Press.
- Rogers, E. (1960). *Physics for the Inquiring Mind*. New Jersey: Princeton University Press.
- Silva, C. C. N. da. (2009). *A investigação didáctica e o trabalho laboratorial: um estudo sobre as percepções e práticas de professores de Física de 10º ano de escolaridade*. Obtido de <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/10669>
- Tomás Serrano, A., & Garcia Molina, R. (2015). *Experimentos de física y química en tiempos de crisis*. Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones.
- Valadares, J. (1995). *Concepções alternativas no ensino da física à luz da filosofia da ciência*. Obtido de <http://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/2520>
- Valadares, J. (2006). O Ensino Experimental das Ciências: do conceito à prática: investigação/Ação/Reflexão. *Revista Proformar on-line, Instituto Avanzado de Creatividad Aplicada Total, Santiago de Compostela, Espanha e pela Universidade Fernando Pessoa, Ponte de Lima, Portugal*. Obtido de http://proformar.pt/revista/edicao_13/ensino_exp_ciencias.pdf
- Terrella. (2017, agosto 19). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Obtido em 29 de agosto de 2017, de <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Terrella&oldid=796217524>
- Versorium. (2016, dezembro 22). In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Obtido em 29 de agosto de 2017, de <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Versorium&oldid=756250030>
- On the Magnet. (sem data). Obtido 29 de Agosto de 2017, de <http://www.new-science-theory.com/De%20Magnetete/De-Magnetete.php#BIII.1>

Apêndices e anexo

Apêndice 1 – Guião da entrevista realizada aos professores da escola



Mestrado em Educação

Trabalho de Projeto em Educação

Guião de entrevista

Este inquérito por entrevista está inserido num trabalho de projeto sobre a planificação de trabalhos práticos no âmbito da eletricidade e do magnetismo, que possam ser utilizados nas aulas do ensino secundário. O trabalho está a ser desenvolvido no âmbito do Mestrado em Educação da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.

Não existem boas nem más respostas. Trata-se apenas de auscultar a opinião pessoal de cada um que é muito importante.

As entrevistas são confidenciais, utilizadas apenas no âmbito do trabalho, garantindo-se o anonimato dos entrevistados.

1ª Parte – Elementos pessoais dos entrevistados

- A. Sexo
- B. Idade
- C. Habilitações académicas

2ª Parte – A importância do trabalho prático nas aulas de Física

- A. Nas suas aulas realiza ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Se não realiza, qual a razão?
- B. Que tipo de ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo é que utiliza nas suas aulas? Trabalho prático? Trabalho laboratorial? Trabalho experimental? Investigação?
- C. Qual a importância que considera ter o ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?
- D. Quanto tempo dedica, em média, por turma e por ano letivo, ao ensino experimental da

eletricidade e/ou do magnetismo? Utiliza o ensino experimental apenas quando está previsto nos programas curriculares ou noutras situações?

- E. Quais os aspetos positivos e negativos que identifica na utilização do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?
- F. Que sugestões apresenta para atividades no âmbito do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo, para além das que estão previstas como de realização obrigatória nos programas curriculares?

Obrigado pela colaboração.

Apêndice 2 – Transcrição das entrevistas

Entrevista 1

Sexo: Masculino

Idade: 45 anos

Habilitações académicas: mestrado

Nas suas aulas realiza ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Se não realiza, qual a razão? No 9º ano, normalmente, faço uma ou duas aulas dedicadas ao tema naquilo que é o âmbito do programa; sobretudo em eletricidade, efeitos e montagem de circuitos simples. No secundário, 11º ano, não me recordo de trabalhos de carácter obrigatório; faço uma aula de 90 minutos onde eu sinto essa necessidade. Por exemplo, na parte da indução é particularmente difícil visualizar a interação e a eletricidade e magnetismo juntos; faço algumas montagens e faço uma aula experimental, mas sobretudo demonstrativa; eu faço, chamo a atenção, os alunos não são os protagonistas; é só para visualizarem questões que têm a ver com o microfone, com o altifalante, com o motor elétrico.

Que tipo de ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo é que utiliza nas suas aulas? Trabalho prático? Trabalho laboratorial? Trabalho experimental? Investigação? É essencialmente demonstrativo.

Qual a importância que considera ter o ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? O trabalho experimental, naturalmente, é importante. Do ponto de vista da realidade, o grande inimigo do trabalho experimental é o tempo para cumprir programas. Há temas/assuntos em que o trabalho experimental é particularmente importante. De facto, mesmo na perspetiva do que faço no 3º ciclo, em que eles não fazem mas eu faço a demonstração e os alunos vão observando o resultado e aquilo que está a acontecer, é particularmente importante para consolidar conhecimentos, mesmo que sejam mais teóricos. Essa parte é fundamental, mesmo no caso da eletricidade e do magnetismo e, sobretudo, no 11º ano. No 9º ano, a análise de circuitos faz-se bem montando circuitos, tentando verificar o que acontece: acende; não acende. Portanto, a questão do fazer ou do ver fazer é bastante importante para a compreensão teórica do que está por de trás. Se entregar aos alunos para fazerem isso tem custos imediatos em termos de tempo.

Quanto tempo dedica, em média, por turma e por ano letivo, ao ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Utiliza o ensino experimental apenas quando está previsto nos programas curriculares ou noutras situações? No 11º ano faço quase todos os trabalhos experimentais que estão previstos no programa. Alguns feitos pelos alunos, outros feitos por mim, conforme a questão do tempo; conforme estiver um pouco mais atrasado ou não estiver atrasado. No 3º ciclo, faço uma gestão em que escolho alguns trabalhos ou, por vezes pequenos fenómenos. Pelo menos, duas vezes em cada ano letivo do 3º ciclo são os alunos que fazem; haverá mais duas ou três em que são eles

que fazem. Ou seja, no 3º ciclo, gastarei 3 aulas de 90 minutos no total: uma parte de demonstração em que sou eu que faço e outra parte feita pelos alunos. No secundário, cumpro a maior parte dos trabalhos experimentais que estão previstos e, como é o caso da eletricidade e magnetismo, numa aula de 90 minutos, usamos um conjunto de dispositivos simples (altifalante, motor elétrico, eletroímã, ...) e vamos conversando e vendo a funcionar.

Quais os aspetos positivos e negativos que identifica na utilização do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? *Aspetos negativos*, só quando a turma é propensa ao desassossego e não aproveita o tempo em que deviam estar atentos para um conjunto de estímulos que não são habituais em aula mais teórica ou expositiva. É só o facto de alguns alunos não estarem atentos, a tentar ver e a serem curiosos sobre o que estão a ver; alguns acabam por desvalorizar o trabalho e aproveitam para estar mais distraídos ou mais desatentos. Naquele momento não consigo perceber se o impacto foi positivo ou não comparativamente a uma aula mais teórica. A questão do tempo é importante porque, normalmente, implica ficar um pouco mais atrasado [no cumprimento do programa]. Argumentos bons: consolidar [conhecimentos], visualizar e discutir perante os materiais, despertar e ser mais curioso e dominar, depois, mais teoricamente; esses são os argumentos que me levam a continuar a fazer e a repetir nos anos seguintes. Os alunos não estão ainda preparados para enfrentar um trabalho laboratorial; têm falta de maturidade. Nalguns conceitos em que a visualização de fenómenos é importante (circuitos, som, indução eletromagnética) o potencial didático está lá.

Que sugestões apresenta para atividades no âmbito do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo, para além das que estão previstas como de realização obrigatória nos programas curriculares? Não tenho sugestões [para além das que se propõem no projeto]. Costumo fazer uma montagem de um motor elétrico com uma pilha e ímanes de neodímio, que encontro na internet; no entanto, o aproveitamento científico que faço é pouco e talvez seja mais útil para o 12º ano. Para atividades em que se possam fazer um tratamento mais quantitativo dos fenómenos não tenho sugestões.

Entrevista 2

Sexo: Masculino

Idade: 51 anos

Habilitações académicas: Licenciatura

Nas suas aulas realiza ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Se não realiza, qual a razão?

Faço ensino experimental. Faço sempre uma aula em que os alunos exploram, eles próprios, o material; coloco um conjunto de material à disposição deles e eles partem à procura. Eles perguntam o que é o material e eu incentivo-os sempre a descobrir para que é que serve o material. Claro que vou verificando sempre as condições de segurança que devem ser observadas. Depois dessa aula

experimental em que eles tomam contacto com o material, na aula teórica seguinte, faço perguntas acerca daquilo que estiveram a fazer e esclareço algumas dúvidas, sempre partindo do princípio de que eles procuram esclarecer as dúvidas todas que tiveram sobre material. Depois, então, começo a dar a teoria. Depois de dar a teoria, principalmente nas primeiras aulas de circuitos, elementos dos circuitos, simbologia, parto um pouco à descoberta dos elementos mais específicos: o que é a tensão elétrica, a intensidade da corrente, a resistência e acompanho isso sempre com aulas práticas. Portanto, faço quase sempre uma aula prática e uma aula teórica que visa consolidar os conceitos da aula experimental e, depois novamente, aula experimental. E vamos fazendo assim até chegarmos aos objetivos que eu pretendo.

Que tipo de ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo é que utiliza nas suas aulas? Trabalho prático? Trabalho laboratorial? Trabalho experimental? Investigação?

Geralmente, há alguns tópicos onde eu demonstro. Mas, se tiver possibilidades disso, por exemplo, se for uma turma com que se trabalhe bem, uma turma mais pequena ou de alunos mais interessados ou mais organizados, às vezes também dou protocolos ou os alunos seguem o protocolo do livro. Mas trabalhamos muito nesta base da verificação dos conceitos teóricos. Faço estes trabalhos no nono ano. Não me recordo de ter trabalhado o tema da eletricidade no ensino secundário.

Qual a importância que considera ter o ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Na eletricidade acho fundamental. No estudo dos circuitos, principalmente, acho que é importantíssimo. Eles aprendem melhor os conceitos. São aulas muito produtivas porque os alunos têm muito interesse por esse tipo de aulas. Quando acabamos uma aula teórica eles têm apetência para irem para uma aula prática para tentar demonstrar aquilo que aprenderam. Para experimentar e verificar se, realmente, aquilo funciona assim ou não. E, portanto, eu acho que isso é fundamental.

Quanto tempo dedica, em média, por turma e por ano letivo, ao ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Utiliza o ensino experimental apenas quando está previsto nos programas curriculares ou noutras situações?

Provavelmente, faço aí umas cinco a seis aulas experimentais por ano, no âmbito da eletricidade. Aulas de 90 minutos. É uma para as simbologias, outra para a intensidade da corrente, para a diferença de potencial, para a resistência e Lei de Ohm. São ao todo umas seis a sete aulas.

Quais os aspetos positivos e negativos que identifica na utilização do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Aspetos negativos, não vejo nenhum. Em termos de programa não considero que seja nefasto estarmos a perder aulas com atividades experimentais; não acho que seja uma perda de tempo. Os aspetos positivos são os que já referi. Esses conceitos são melhor compreendidos; há uma maior aproximação à vida real; fazemos sempre a ponte com o que se passa na nossa casa, com a parte dos consumos elétricos, etc. É uma matéria em que eles até conseguem ver a utilidade. Há algumas atividades experimentais que fazemos e que eles, depois, esquecem. Nestas isso não acontece. Nestas eles conseguem ver como é que as coisas funcionam e a forma como isto se ajusta à realidade;

conseguem fazer a ponte para a vida real e conseguem ver onde está o interesse destes conteúdos.

Que sugestões apresenta para atividades no âmbito do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo, para além das que estão previstas como de realização obrigatória nos programas curriculares?

A atividade relativa à Lei de Ohm engloba a maior parte dos conceitos estudados no ensino básico, onde costumo trabalhar: condutores e isoladores, intensidade da corrente e diferença de potencial, resistência e Lei de Ohm. Portanto engloba tudo. Costumo também fazer outras atividades como, por exemplo, mostrar um curto-circuito, à qual os alunos reagem muito bem.

Entrevista 3

Sexo: Feminino

Idade: 50 anos

Habilitações académicas: Licenciatura em Química

Nas suas aulas realiza ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Se não realiza, qual a razão?

Faço. Normalmente, na parte da eletricidade, faço quase tudo através de atividades experimentais. No nono ano. Nunca lecionei o ensino secundário. Esta é a área em que eu acho que se pode fazer mais atividades experimentais e onde exploro mais. Normalmente, dou a matéria a partir das atividades experimentais.

Que tipo de ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo é que utiliza nas suas aulas? Trabalho prático? Trabalho laboratorial? Trabalho experimental? Investigação?

Algumas atividades sou eu que faço, mas a maior parte são eles que fazem. No início faço uma demonstração de como devem montar o circuito mas, depois, para estudar a corrente ou a diferença de potencial são os alunos que montam o circuito. É sempre na base da descoberta; de os alunos irem à descoberta e perceberem como é que as coisas funcionam. Tenho um guião ou protocolo. Por vezes sigo os do manual mas, outras vezes, dou-lhe um guião. É essencialmente trabalho laboratorial.

Qual a importância que considera ter o ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Acho que é muito importante porque eles gostam dessa parte e de serem eles a explorar e chegarem às conclusões. É importante e aprendem doutra forma. Noutros conteúdos em que não consigo fazer atividades experimentais é mais difícil aprenderem.

Quanto tempo dedica, em média, por turma e por ano letivo, ao ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Utiliza o ensino experimental apenas quando está previsto nos programas curriculares ou noutras situações?

Nesta parte da eletricidade, faço uma atividade por cada conteúdo novo que introduzo. Talvez, seis a sete aulas de noventa minutos por ano. Por vezes também faço uns exercícios para complementar aquilo que aprenderam.

Quais os aspetos positivos e negativos que identifica na utilização do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Acho que tem mais aspetos positivos do que negativos. Nomeadamente, os alunos ficam mais interessados e envolvem-se mais, apreendendo as coisas melhor. Às vezes demora mais mas, o tempo que “perco” nestas atividades é compensado nas outras onde não faço trabalho experimental. Se fizesse em todas as matérias, se calhar comprometeria bastante o cumprimento do programa. De uma maneira geral os alunos estão mais concentrados e interessados nestas aulas, embora haja sempre alguns que não se interessam.

Que sugestões apresenta para atividades no âmbito do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo, para além das que estão previstas como de realização obrigatória nos programas curriculares?

Não tenho outras sugestões. A primeira atividade que referiste [do estudo dos circuitos e da Lei de Ohm] acaba por abranger tudo o que se ensina no ensino básico. Talvez sugira alguma atividade para explorar os efeitos da corrente elétrica.

Entrevista 4

Sexo: Feminino

Idade: 49 anos

Habilitações académicas: Licenciatura

Nas suas aulas realiza ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Se não realiza, qual a razão?

Acho que faço ensino experimental. Se considerarmos a situação de dar um problema aos alunos e depois surgirem hipóteses e verificar essas hipóteses, não faço. Porque não há tempo para isso. Se for, a partir de um guião, dar orientações para, através da realização laboratorial, os alunos responderem a algumas questões, isso sim, faço.

Que tipo de ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo é que utiliza nas suas aulas? Trabalho prático? Trabalho laboratorial? Trabalho experimental? Investigação?

Por vezes sou eu que faço a demonstração para os alunos observarem, tirarem conclusões e registarem. Noutros casos, forneço um guião e procuro que sejam os alunos a fazer, com alguma supervisão da minha parte. Há já alguns anos que trabalhei com o secundário mas, ao nível da eletricidade só tenho trabalhado com o básico. Este ano fiz menos atividades. Talvez as metas curriculares tenham condicionado mais a realização de atividades experimentais. Mas até foi ao nível da eletricidade que eu fiz mais experiências com os alunos. Foram sempre os alunos a fazer.

Qual a importância que considera ter o ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Acho que é importante porque eles, ao fazerem, apercebem-se das dificuldades que têm. Por outro lado, se chegarem sozinhos às conclusões do trabalho realizado, se calhar não se vão esquecer tão facilmente. Aprendem mais facilmente os conteúdos. Por exemplo, registo que por vezes, quando

não usamos as aulas de 45 minutos para experiências os alunos já perguntam “Oh professora! Hoje não vamos fazer experiências?” Acho que para eles é mais interessante fazer. Eles próprios pedem. Quanto tempo dedica, em média, por turma e por ano letivo, ao ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Utiliza o ensino experimental apenas quando está previsto nos programas curriculares ou noutras situações?

Dediquei oito a nove aulas com atividades experimentais. Umas aulas de 45 minutos e outras de noventa. Mas também foi porque tinha um professor coadjuvante. Se não, não era possível. Com grupos grandes é mais difícil.

Quais os aspetos positivos e negativos que identifica na utilização do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Como aspeto positivo acho que aumenta a motivação e o interesse dos alunos. Ficam mais curiosos, apercebem-se mais das dificuldades que têm e penso que não se esquecem tão facilmente. Como aspeto negativo acho que é o tempo que temos para realizar a tarefa que não permite consolidar; ou seja, registar e trabalhar os conteúdos. Tem a ver com o cumprimento dos programas e com a duração da aula. [Nas aulas de 45 minutos], quando estamos a chegar à parte de tirar as conclusões não conseguimos porque termina a aula. O tempo é curto para conseguirmos explorar devidamente a atividade e ir mais longe.

Que sugestões apresenta para atividades no âmbito do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo, para além das que estão previstas como de realização obrigatória nos programas curriculares?

[Para além das atividades propostas] não faço outras. Faço essencialmente as atividades que estão no programa. Fui, também, mostrando o estudo dos recetores. Também faço circuitos com outros materiais, como o limão, por exemplo. Também faço atividades com imanes.

Entrevista 5

Sexo: Feminino

Idade: 47 anos

Habilitações académicas: Licenciatura

Nas suas aulas realiza ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Se não realiza, qual a razão?

Na eletricidade, normalmente, peço aos alunos para instalar um circuito, ao nível do nono ano; depois de explicar o que é um circuito e quais os elementos que fazem parte do circuito peço para eles instalarem um circuito. Para ensinar também a fazerem medições. Para instalarem corretamente um amperímetro e um voltímetro. Faço sempre uma atividade que tem a ver com circuitos em série e em paralelo. Uma primeira, normalmente como demonstração, para eles perceberem as vantagens do circuito em série e em paralelo que costumo fazer com três lâmpadas e em que se tira uma, por exemplo, e eles observam o que acontece. Depois, fazem uma atividade, em que os próprios alunos

instalam um circuito e medem intensidade de corrente e diferenças de potencial para chegar à relação entre essas grandezas nos dois tipos de circuito. Às vezes monto um circuito para explicar os efeitos da corrente, com uma eletrólise e um eletroímã. Quando explico quais são os materiais condutores e maus condutores também costumo montar um circuito em que intercalo materiais de diferente tipo e aproveito para explorar a questão da eletrólise; coloco água e depois sal para eles verem quando é que é condutor e não condutor. No secundário, na parte do magnetismo mostro sempre as experiências da indução de Faraday, as linhas de campo magnético, a experiência de Oersted, por vezes mostro uma daquelas lanternas que funciona com indução. Às vezes mostro um motor elétrico rudimentar com uma espira.

Que tipo de ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo é que utiliza nas suas aulas? Trabalho prático? Trabalho laboratorial? Trabalho experimental? Investigação?

Para além das atividades obrigatórias, faço essencialmente atividades demonstrativas. No 10º ano, faço a atividade obrigatória de determinação da característica de uma pilha em que os alunos têm que trabalhar sozinhos.

Qual a importância que considera ter o ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Tem um primeiro efeito que é a motivação. Acho que essa é uma das principais razões porque gosto de fazer trabalho experimental, se bem que não motiva todos da mesma forma. É na atividade experimental que eles conseguem cumprir realmente, ou pelo menos desenvolver, o espírito crítico e terem sensibilidade para a questão das grandezas; por exemplo, para terem a noção de que 1 ampere é uma intensidade já elevada. Nos exercícios os alunos não têm a mínima noção do que isso é. Portanto, para além de terem uma sensibilidade relativamente às grandezas e aos valores reais das grandezas, a questão da motivação acho que é muito importante. E desenvolve o espírito crítico. Também se apercebem das fontes de erro. Quando temos tempo para explorar isso, podem perceber que, por exemplo, se diminuirmos este fator se calhar melhoramos aquele, etc. Dá também para perceberem o controlo de variáveis.

Quanto tempo dedica, em média, por turma e por ano letivo, ao ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Utiliza o ensino experimental apenas quando está previsto nos programas curriculares ou noutras situações?

No 7º ano fiz sete ou oito aulas; e penso que no 8º e 9º também. Acho que faço, em média, por volta de oito a nove aulas por ano.

Quais os aspetos positivos e negativos que identifica na utilização do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Os efeitos negativos têm a ver com a forma como exploramos as experiências porque nem sempre há tempo para estas discussões. No ensino básico, então, é uma correria. No ensino secundário também não há tempo para a discussão mas, pelo menos, eles têm que fazer um relatório, um registo, têm que pensar sobre as coisas. Mesmo que não pensem na hora, pensam *à posteriori*. Não discutem connosco e isso seria frutuoso. No ensino básico nem há tempo para isso e algumas das conceções

alternativas podem vir daí. Também influencia o tempo que temos para cumprir os programas. A atividade experimental requer mais tempo do que um método mais expositivo.

Que sugestões apresenta para atividades no âmbito do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo, para além das que estão previstas como de realização obrigatória nos programas curriculares?

Às vezes faço atividades de eletrostática. É uma coisa que acho que eles gostam muito de ver. Quando damos a solubilidade da água, mostro sempre o desvio de um fio de água por uma barra eletrizada. Não faço outras atividades [para além das propostas no projeto].

Entrevista 6

Sexo: Masculino

Idade: 51 anos

Habilitações académicas: Mestrado em Supervisão Pedagógica.

Nas suas aulas realiza ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Se não realiza, qual a razão?

Faço cada vez menos. Faço essencialmente as experiências obrigatórias e, algumas vezes, só mostro como é que as coisas funcionam. Razões para isto são várias. Uma delas tem a ver com o material disponível na escola que, muitas vezes, não é o que gostaríamos de ter; quando queremos fazer um trabalho com todos os alunos da turma temos imensa dificuldade porque, normalmente, temos material a funcionar que dá para fazer apenas com um grupo. Aquela ideia de ter vários grupos a trabalhar todos ao mesmo tempo, aqui na nossa escola, não tem sido possível ao longo dos anos. Especialmente na física. Outro motivo é porque as atividades exigem um tempo substancial de preparação que, às vezes, confesso, não tenho paciência para fazer. A atividade implica ir para o laboratório com antecedência e testar todo o material. E isso requer tempo. Apesar de achar que as atividades são engraçadas para os alunos perceberem melhor, há sempre alguns que se estão borrifando para as atividades e que só querem fazer atividades porque é uma aula muito mais descontraída e onde podem estar mais à vontade. Normalmente, gostam muito de aulas experimentais mas é mais nessa perspetiva. Digo isto porque quando, depois, fazemos testes teórico-práticos e perguntamos coisas sobre as atividades experimentais, os resultados são maus porque não perceberam a atividade, porque não sabem o que é que fizeram, porque não conheciam o material. Isso leva-me a concluir que, na maioria das vezes, a maior parte dos alunos acham as aulas muito engraçadas mas depois, nas avaliações, percebemos que eles não aprenderam tanto como nós supunhamos que aprendessem. Não sei se é por as experiências serem mal realizadas, se é por serem mal concebidas, se é por eu não conseguir explorá-las da forma mais correta. Neste momento penso que os alunos não conseguem atingir os objetivos que seriam minimamente exigíveis após a realização da atividade.

Que tipo de ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo é que utiliza nas suas aulas?

Trabalho prático? Trabalho laboratorial? Trabalho experimental? Investigação?

Muitas vezes é demonstrativo. Nas de física, essencialmente. Mas será que se fossem eles a fazer tudo do princípio ao fim que era mais fácil, mais educativo? Não sei. Não consigo perceber que eles fiquem a saber mais por terem feito. É sempre mais giro verem aquilo de que estamos a falar mas, em termos de produto final, acho que fica sempre aquém das minhas expectativas.

Qual a importância que considera ter o ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Considero que é motivador e que é importante apesar de todas as dificuldades.

Quanto tempo dedica, em média, por turma e por ano letivo, ao ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Utiliza o ensino experimental apenas quando está previsto nos programas curriculares ou noutras situações?

Acabo por utilizar o tempo previsto nos programas para a realização das atividades. A diferença, em termos de tempo, está em os alunos fazerem ou não a atividade.

Quais os aspetos positivos e negativos que identifica na utilização do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Como aspetos mais negativos identifico o material e às vezes a falta de interesse dos alunos. Por vezes também acho que o trabalho investido não corresponde aos resultados que se supunha obter. Acho que o tempo para cumprimento dos programas não é um fator condicionante da realização das atividades. Acho que é possível fazer as atividades e cumprir o programa na mesma. Teoricamente é mais apelativo estar a estudar uma coisa e estar a vê-la acontecer do que estar a ver bonecos nos livros. Alguns alunos têm falta de maturidade ou de curiosidade científica.

Que sugestões apresenta para atividades no âmbito do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo, para além das que estão previstas como de realização obrigatória nos programas curriculares?

Para além das atividades obrigatórias, não faço outras e não me ocorrem propostas.

Entrevista 7

Sexo: Feminino

Idade: 49 anos

Habilitações académicas: Licenciatura.

Nas suas aulas realiza ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Se não realiza, qual a razão?

Sim. No âmbito do magnetismo, só faço separação magnética. Com os níveis que tenho lecionado, só faço a separação magnética e montagem de circuitos quando leciona corrente elétrica. Até porque não tenho estado a lecionar dentro do grupo.

Que tipo de ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo é que utiliza nas suas aulas?

Trabalho prático? Trabalho laboratorial? Trabalho experimental? Investigação?

Normalmente são os alunos que fazem mediante um protocolo orientador. Quando orientei estágio,

era sempre assim que fazia. Depois, com a mudança da carga horária e com algumas mudanças que ocorreram no agrupamento, passou a ser feito [o trabalho prático] de acordo com o que vem nos manuais que já incluem a parte experimental e deixou de ser feito um protocolo à parte. Mas como prefiro mais é com um protocolo orientador, organizar os alunos em grupos pequenos, idealmente de 3, e serem eles a desenvolver o trabalho e chegar às conclusões. Gosto que tenham um espírito crítico quando o resultado obtido não é aquele que é esperado teoricamente; prefiro que consigam analisar o que correu mal do que dê tudo certinho.

Qual a importância que considera ter o ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

Acho que o trabalho prático desmistifica muito as áreas da física e da química, que são muito matematizadas, em que a matemática é uma ferramenta essencial mas assusta muito os alunos. A parte prática aproxima-os mais [da física e da química]; verem as coisas acontecer, verem fazer, fazerem eles próprios, chegarem a conclusões a que os grandes cientistas que estão habituados a estudar também chegaram, motiva-os muito para o estudo da disciplina.

Quanto tempo dedica, em média, por turma e por ano letivo, ao ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo? Utiliza o ensino experimental apenas quando está previsto nos programas curriculares ou noutras situações?

Idealmente gosto de fazer as que não estão nos livros e, enquanto orientei estágio, fazia sempre uma semana só com atividades experimentais [da física e da química]. Por período, em média faço, 4 a 6 aulas por período, ou seja, 12 a 18 por ano. Aulas de 45 minutos.

Quais os aspetos positivos e negativos que identifica na utilização do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo?

O único aspeto negativo é que, quando as turmas são muito grandes, pode haver alguma indisciplina e algum burburinho que não seja vantajoso para a aprendizagem dos conteúdos. No entanto, defendo que nem sempre a conversa entre os alunos é má, principalmente se for controlada em que eles acabam por aprender com os erros e com as descobertas uns dos outros. Os aspetos positivos são a descoberta, o fazer por si próprios, o gosto pela ciência, a entreajuda, o aprender a resumir e sistematizar os dados obtidos, aprender a tratar dados, perceber o erro inerente ao uso dos vários materiais de laboratório.

Que sugestões apresenta para atividades no âmbito do ensino experimental da eletricidade e/ou do magnetismo, para além das que estão previstas como de realização obrigatória nos programas curriculares?

Neste momento não tenho conhecimento do programa para acrescentar outras atividades, uma vez que não leciono ao ensino secundário há mais de 10 anos.

Apêndice 3 – Guiões das atividades práticas propostas

Atividade nº 1: Circuitos elétricos e grandezas elétricas

Objetivos

1. Compreender o conceito de circuito elétrico;
2. Identificar materiais condutores e não condutores;
3. Medir grandezas elétricas (corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica);
4. Estabelecer relações quantitativas entre grandezas elétricas num circuito.

Material

Lâmpadas pequenas, pilha ou fonte de tensão, fios condutores, pinças de crocodilo, fios ou barras de diferentes materiais (metais, borracha, plástico, madeira, grafite, fibras têxteis, ...), voltímetros e amperímetros.

Montagens e procedimentos

Parte I

1. Usando uma pilha, uma lâmpada e um fio condutor, estabelecer ligações entre os elementos no sentido de tentar acender a lâmpada. A Figura A1-1 mostra diferentes possibilidades de ligação, podendo ser testadas outras.

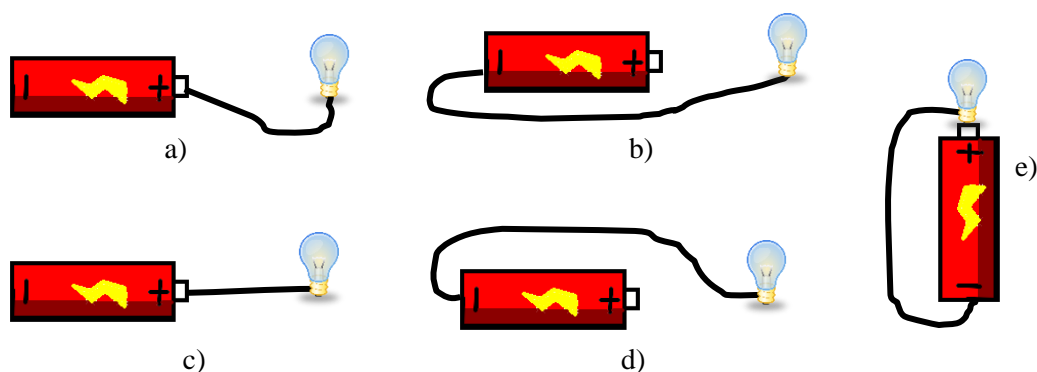


Figura A1-1 – Ilustração de possíveis montagens elétricas usando uma pilha, um fio condutor e uma lâmpada.

2. Usando uma pilha, uma lâmpada e dois fios condutores, estabelecer ligações entre os elementos no sentido de acender a lâmpada. A Figura A1-2 mostra diferentes possibilidades de ligação, podendo ser testadas outras.

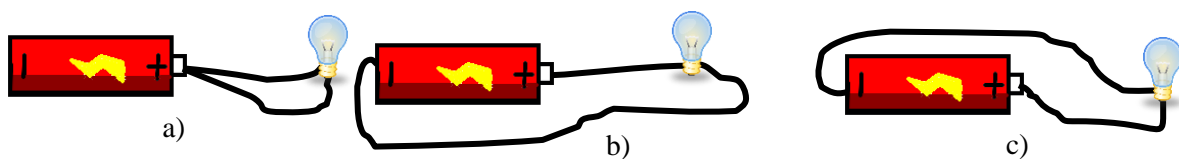


Figura A1-2 - Ilustração de possíveis montagens elétricas usando uma pilha, dois fios condutores e uma lâmpada.

Parte II

1. Com a pilha, a lâmpada, os fios condutores, as pinças de crocodilo e um dos fios/barras disponíveis, instalar um circuito fechado e verificar se a lâmpada acende (Figura A1-3)
2. Repetir o procedimento com os outros fios/barras disponíveis.

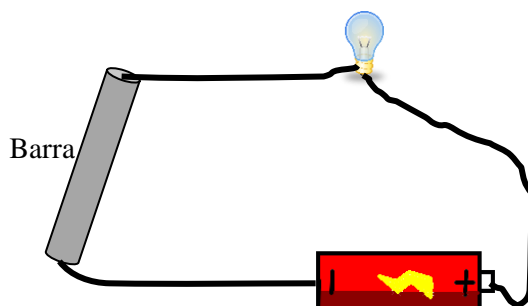


Figura A1-3 – Ilustração da montagem elétrica de um circuito com uma lâmpada, uma pilha e uma barra de diferentes materiais.

Parte III

1. Usando uma pilha ou fonte de tensão, uma lâmpada, fios condutores, um amperímetro e um voltímetro (ou dois multímetros), instalar um circuito que inclua estes os dois aparelhos para que os mesmos efetuem leituras da corrente elétrica e da diferença de potencial. Os alunos devem tentar ligar os aparelhos com a ajuda do professor.
2. Trocar a polaridade das ligações do amperímetro e do voltímetro e verificar o que acontece.

Parte IV

1. Com uma pilha ou fonte de tensão, três lâmpadas com as mesmas características e fios condutores, instalar circuitos elétricos com os elementos ligados em série e em paralelo. Na Figura A1-4 exemplifica-se alguns dos esquemas que podem ser utilizados, devendo explorar-se outras possibilidades.

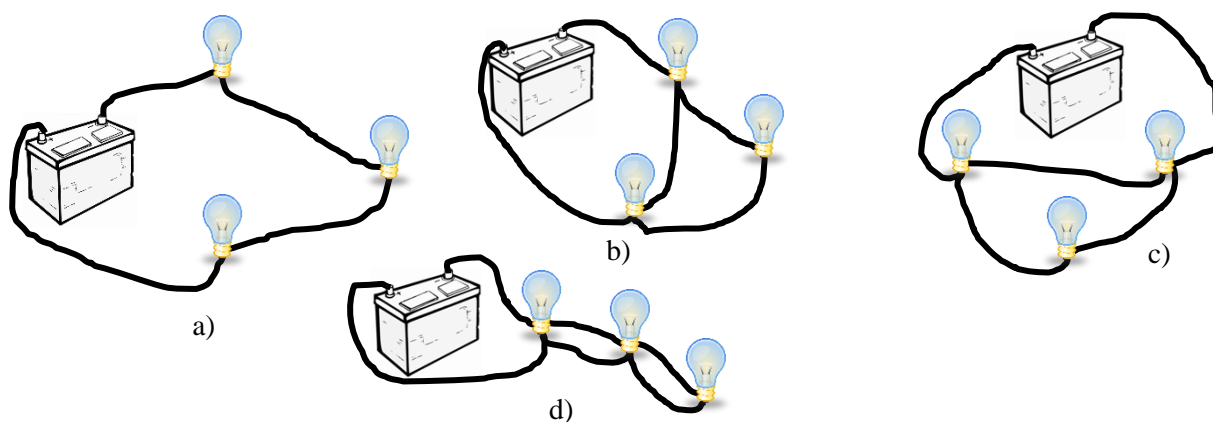


Figura A1-4 – Ilustração de possíveis montagens elétricas de uma fonte e três lâmpadas associadas de diferentes formas.

2. Observar o brilho das lâmpadas nos dois tipos de associação.
3. Desligar uma das lâmpadas em cada uma das associações e observar o que acontece.
4. Instalar voltmímetros e amperímetros que efetuem leituras da diferença de potencial e da corrente elétrica na pilha e em cada uma das lâmpadas. Registrar os valores lidos, para cada uma das associações.

Parte V

1. Usando um multímetro na função ohmímetro medir a resistência de vários elementos de um circuito (lâmpada, voltmímetro, amperímetro, resistência de carvão, ...)
2. Instalar um circuito com uma fonte de tensão que possa variar, uma resistência e um amperímetro e um voltmímetro que façam leituras na resistência. Ligar o circuito e registrar os valores da diferença de potencial e da corrente elétrica na resistência. Repetir as leituras para outros valores da tensão na fonte (Fig. A1-5).

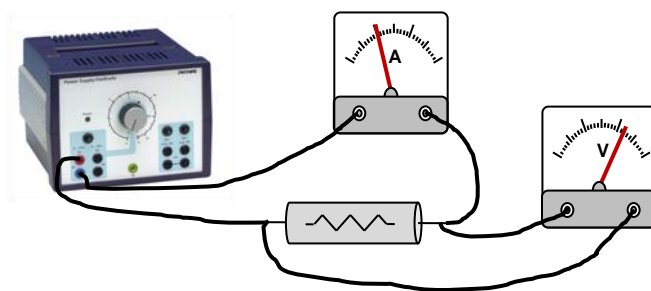


Figura A1-5 – Ilustração da montagem utilizada para medir indiretamente o valor de uma resistência elétrica.

Discussão dos resultados

Parte I

Discutir as várias possibilidades de ligação entre os elementos no sentido de concluir que só é possível acender a lâmpada se existir um percurso fechado que inclua a pilha, a lâmpada e os dois fios condutores.

Parte II

Analisar os resultados obtidos de forma a concluir quais os materiais que são condutores e quais os que são não condutores.

Parte III

Analisar e discutir os resultados obtidos nas várias formas de ligação, concluindo que o amperímetro se liga sempre em série e que o voltmímetro se liga sempre em paralelo. Os alunos devem ainda concluir que a corrente elétrica tem um determinado sentido.

Parte IV

Analisando as observações efetuadas os alunos devem concluir qual a forma mais adequada de ligar os elementos de um circuito e quais as consequências dessa ligação. Devem também, mediante as leituras efetuadas, estabelecer relações quantitativas entre as grandezas lidas.

Parte V

Com base nos resultados obtidos os alunos devem estabelecer uma relação quantitativa entre a corrente elétrica e a diferença de potencial na resistência.

Notas

1. Para que as atividades funcionem é necessário que as lâmpadas a utilizar sejam adequadas às características das pilhas.
2. As ligações das lâmpadas com os restantes elementos do circuito ficam facilitadas se forem utilizados suportes próprios.

Atividade nº 2: Eletrostática

Objetivos

1. Observar fenômenos de eletrização por fricção.

Material

Barras de diferentes materiais (plástico, vidro, metal, ...), materiais para friccionar as barras (pele, pano de lã ou de seda, papel ou película aderente) e pequenos objetos leves (pedacinhos de papel, penas, ...).

Montagens e procedimentos

1. Começa-se por friccionar uma das barras num dos materiais disponíveis para fricção. De seguida, aproxima-se a barra dos pedacinhos de papel e observa-se o que acontece (Fig. A2-1).



Figura A2-1– Ilustração do processo de eletrização por fricção

(Fonte: http://images.slideplayer.com/25/7808333/slides/slide_4.jpg)

2. Friccionar as diversas barras com os diversos materiais para observar se há diferenças em relação à atração, ou não, dos pedaços de papel. Identificar as barras que, depois de eletrizadas, atraem pequenos objetos e as que não o fazem.
3. Posteriormente, suspende-se uma barra de um fio isolador (basta um fio de algodão ou de *nylon*) e eletriza-se uma extremidade com uma pele ou com um pano. De seguida eletriza-se uma outra barra do mesmo material com a mesma pele ou pano e aproximam-se, sem tocar, as duas barras (Fig. A2-2). Observa-se o que acontece.

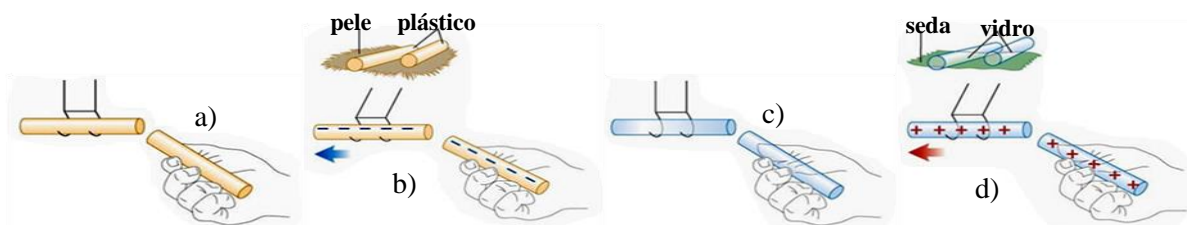


Figura A2-2 – Ilustração da interação entre duas barras eletrizadas. Barras de plástico simples (a) ou barras de vidro simples (c) não interagem; Interação entre barras de plástico eletrizadas (b) e interação entre barras de vidro eletrizadas (d).

(Fonte: <http://mrtremblaycambridge.weebly.com/p16-electrostatics.html>; Copyright © 2007 Pearson Education, Inc publishing as Addison Wesley)

4. Estando disponíveis barras de vidro e de plástico, repetir o processo anterior, suspendendo uma barra eletrizada com um pano de seda e aproximando a outra, também eletrizada com o mesmo pano. Observar o que acontece.

Discussão dos resultados

No final da realização da atividade, discutem-se os resultados, a fim de que os alunos possam concluir que:

- a fricção dos materiais leva a que estes fiquem com carga elétrica em excesso;
- a fricção de uma barra de metal que não esteja isolada não produz qualquer excesso de carga na barra;
- barras de diferentes materiais, friccionadas da mesma forma, irão atrair-se entre si;
- barras do mesmo material, friccionadas da mesma forma, irão repelir-se entre si.

É importante que o professor explique aos alunos que, durante a fricção, ocorre transferência de cargas elétricas entre os materiais. Se os materiais forem isoladores, essas cargas ficam acumuladas na zona para onde são transferidas e o corpo fica carregado eletricamente; se os materiais forem condutores, a carga elétrica transferida desloca-se ao longo do corpo e não fica acumulada.

Extensões

Na realização desta atividade fora do âmbito das aulas (num clube de ciências, por exemplo), pode-se eletrizar vários materiais, por fricção, observar o comportamento dos mesmos, uns em relação aos outros, e ordená-los pela capacidade de se eletrizarem positivamente ou negativamente.

Se houver condições físicas do espaço onde se realiza a atividade, podendo escurecê-lo, é possível observar pequenas faíscas a passar entre duas barras com cargas diferentes que se aproximam sem tocar.

Em vez de duas barras também é possível realizar a atividade com dois balões cheios e suspensos por um fio. Funciona melhor se os balões forem revestidos com uma superfície condutora (folha de alumínio, por exemplo).

No âmbito do estudo, em química, da polaridade da água, também se pode realizar esta atividade, aproximando uma barra carregada de um fio de água corrente e observando o desvio provocado no fio, resultante do facto de as moléculas de água serem polares e, portanto, se comportarem como um corpo com carga elétrica (Fig. A2-3).

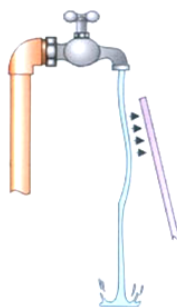


Figura A2-3 – Ilustração da atração de um fio de água por uma barra eletrizada.
(Fonte: http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/Imagens/Canudinho%2007.jpg)

Notas

1. Pode utilizar-se uma esferográfica de plástico ou uma palhinha, em vez da barra de plástico.
2. Esta atividade não funciona bem em dias húmidos. Devido à polaridade das moléculas de água existentes no ar, aumenta a condutividade deste e as cargas elétricas dissipam-se mais facilmente.
3. Consultando uma série triboelétrica consegue-se compreender melhor qual é o tipo de carga adquirido por cada um dos materiais friccionados e, assim, selecionar aqueles que nos permitirão observar melhor o que pretendemos (atração ou repulsão).

Atividade nº 3: Linhas de campo elétrico e magnético

Objetivos

1. Visualizar linhas de campo elétrico.
2. Visualizar linhas de campo magnético.

Material

Caixa de vidro (tipo caixa de Petri), óleo mineral, pequenos pedaços de cabelo fino ou sementes muito pequenas, fonte de tensão e fios de cobre, íman em barra, íman em ferradura, folha de acetato grossa ou folha de cartão e limalha de ferro.

Montagens e procedimentos

1. Enchemos uma caixa de vidro (caixa de Petri, por exemplo) com óleo e pequenos pedaços de cabelo fino ou sementes muito pequenas.
2. No interior do óleo colocamos dois pequenos fios de cobre, afastados um do outro e fixos à caixa, os quais se ligam, cada um, a um polo de uma fonte de tensão. O sistema é idêntico ao de um voltâmetro (Fig. A3-1).

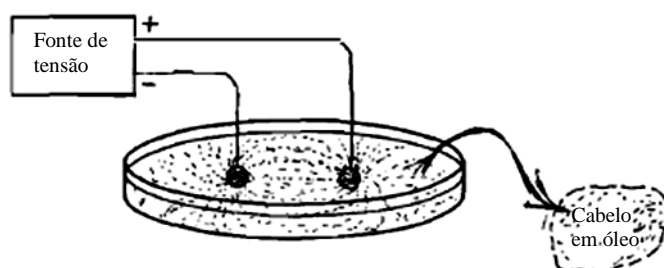


Figura A3-1– Ilustração da montagem experimental para visualização de linhas de campo elétrico. (Fonte: Rogers, E. (1960)).

3. Ligamos a fonte de tensão e observamos a forma como os fios de cabelo (ou as sementes) se dispõem no interior do óleo.
4. Coloca-se o íman sobre a mesa, cobre-se com o cartão ou a folha de acetato e espalha-se a limalha de ferro sobre a placa. Observa-se o padrão formado pela limalha de ferro (Fig. A3-2).

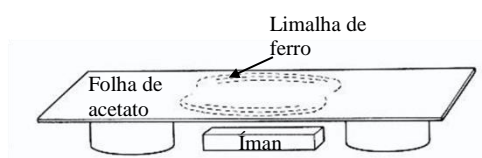


Figura A3-2 – Ilustração da montagem experimental para visualização das linhas do campo magnético criado por um íman em barra. (Fonte: http://www.practicalphysics.org/images/Magnetic%20fields%20due%20to%20arrangements%20of%20magnets1_680.jpg)

5. Repetir a experiência com um íman em ferradura, por exemplo.

Discussão dos resultados

Nesta atividade, os alunos devem registrar as figuras obtidas em cada situação, confirmando que são idênticas às que constam dos manuais. Pode também discutir-se a forma das linhas em cada uma das situações, permitindo assim uma melhor consolidação dos conhecimentos.

Extensões

Podemos também visualizar as linhas de campo elétrico entre duas placas planas e paralelas. Para isso, basta substituir os fios de cobre por duas placas de cobre retangulares ou por dois fios de cobre colocados paralelamente dentro do óleo

Notas

1. A realização desta atividade requer uma fonte de tensão da ordem dos milhares de volts (10 kV, por exemplo).
2. Por vezes é necessário dar pequenos toques na placa para que as partículas de limalha se alinhem com as linhas de campo magnético

Atividade nº 4: Campos magnéticos criados por correntes elétricas (experiência de Oersted)

Objetivos

1. Observar o efeito magnético de uma corrente elétrica (experiência de Oersted).

Material

Pilha ou fonte de tensão, fio condutor, bússola.

Montagens e procedimentos

1. Coloca-se a bússola em repouso sobre a mesa, liga-se uma extremidade do fio ao polo positivo da pilha e estende-se o fio horizontal e exatamente por cima da agulha magnética da bússola, alinhando-o com esta.
2. Mantendo o fio esticado, toca-se rapidamente com a outra extremidade no polo positivo da pilha. Pode prender-se a pilha à mesa o que irá facilitar o processo de esticar o fio. Observa-se o que aconteceu à agulha magnética da bússola. **ATENÇÃO:** o circuito deve estar fechado o menor intervalo de tempo possível porque, como estamos perante um curto-circuito, a pilha irá descarregar rapidamente (Fig. A4-1)

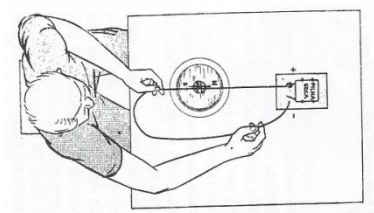


Figura A4-1 – Ilustração da montagem para a demonstração da experiência de Oersted.
(Fonte: Carvalho, R. (1995).)

3. Repetir a experiência, ligando o fio ao polo positivo e tocando com a extremidade livre no polo negativo. Registrar o que se observa e comparar com o resultado anterior.
4. Enrolar um pedaço de fio de cobre, sem retirar o revestimento de plástico, num lápis (por exemplo), de forma a obter um enrolamento a que chamamos bobina.
5. Coloca-se uma das extremidades da bobina junto à agulha magnética e liga-se uma ponta do fio ao polo positivo da pilha.
6. Toca-se rapidamente com a outra extremidade do fio no polo negativo da pilha. Regista-se o que se observa na agulha magnética da bússola (Fig. A4-2)

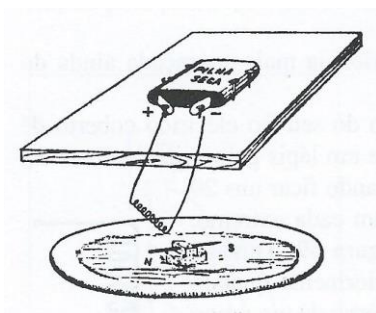


Figura A4-2 – Ilustração da montagem para observação do efeito magnético de uma bobina.
(Fonte: Carvalho, R. (1995).)

7. Repete-se a experiência, trocando os polos da pilha e regista-se de novo o que se observa, comparando com a primeira situação.

Discussão dos resultados

Na discussão desta atividade prática, os alunos devem compreender que:

- a agulha magnética desvia-se quando passa corrente no fio o que mostra que a corrente elétrica cria um campo magnético;
- mudando o sentido da corrente, muda também o sentido do campo magnético, uma vez que a agulha se desvia noutra sentido;
- uma bobina cria um campo magnético cujo sentido depende do sentido da corrente.

Analisando os sentidos da corrente e do desvio da agulha, os alunos podem relacionar estes dois.

Extensões

Pode utilizar-se o procedimento da atividade anterior para observar as linhas do campo magnético criado por um fio condutor retilíneo, por um fio condutor circular e por uma bobina. Para isso, adota-se o seguinte procedimento:

1. Coloca-se um fio retilíneo na vertical e a atravessar uma folha de cartolina colocada perpendicularmente ao mesmo.
2. Espalha-se limalha de ferro pela cartolina e faz-se passar uma corrente elétrica pelo fio, devendo observar-se as linhas de campo magnético circulares e concêntricas com o fio.
3. Forma-se um círculo com o fio e coloca-se a folha de cartolina a passar por um diâmetro desse círculo (o fio deverá entrar de baixo para cima da cartolina e sair de cima para baixo).
4. Espalhar a limalha de ferro na cartolina e fazer passar corrente elétrica pelo fio. As limalhas devem alinhar-se de acordo com as linhas do campo magnético.

5. Repete-se o processo anterior usando, não um anel mas vários consecutivos (uma bobina cujo fio entra sempre do mesmo lado da cartolina e sai do lado oposto); usando a limalha de ferro e fazendo passar corrente elétrica na bobina, observam-se as linhas do campo magnético criadas por esta.

Atividade nº 5: Indução eletromagnética

Objetivos

1. Observar o aparecimento de uma f.e.m. numa bobina quando há uma variação do fluxo magnético que a atravessa.
2. Identificar os fatores de que depende a intensidade da f.e.m (número de espiras, sentido do movimento, intervalo de tempo).

Material

Duas bobinas com diferente número de espiras e que possam ser colocadas de forma concêntrica (uma dentro da outra), um íman, uma fonte de tensão, fios condutores e um galvanómetro ou um voltímetro

Montagens e procedimentos

1. Ligar a bobina exterior ao voltímetro.
2. Introduzir, lentamente, o íman na bobina, observar e registar o valor indicado pelo voltímetro (Fig. A5-1).

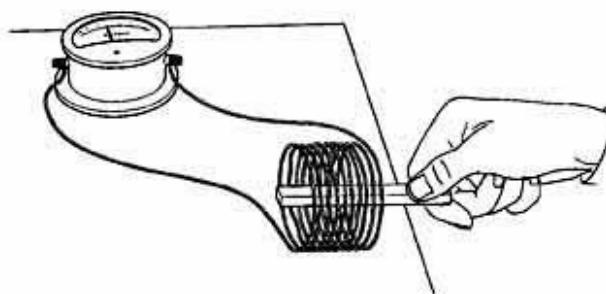


Figura A5-1 – Ilustração do procedimento seguido para observar o aparecimento de uma f.e.m. quando se movimenta um íman no interior de uma bobina.

(Fonte: http://www.practicalphysics.org/images/Magnet%20and%20coil1_566.jpg)

3. Colocar o íman em repouso no interior da bobina e registar, novamente, o valor lido pelo voltímetro.
4. Movimentar o íman dentro da bobina, nos dois sentidos e com velocidades diferentes, observando e registrando o que é indicado pelo voltímetro.
5. Movimentar o íman em redor da bobina, observando e registrando o que é indicado pelo voltímetro.
6. Colocar o íman sobre a mesa, não muito afastado da bobina e “mantendo a distância” entre os dois; fazer rodar o íman no plano da mesa, observando e registrando o que é indicado pelo voltímetro.

7. Repetir todo o procedimento mas, desta vez, fixando o íman e movimentando a bobina. Comparar os resultados obtidos com os anteriores.
8. Repetir mais uma vez o procedimento inicial mas usando uma bobina de diferente número de espiras, registrando o que se observa e comparando com os primeiros resultados obtidos.
9. Numa segunda fase repetir o procedimento inicial substituindo o íman em barra por uma bobina ligada a uma fonte de tensão. Observar e registar o que ocorre e comparar com as observações efetuadas quando se utilizou o íman.



Figura A5-2 – Demonstração da indução eletromagnética utilizando duas bobinas que se movem uma em relação à outra.

(Fonte: https://20.leva.com/leap/api/v1/product_catalogs/38de3e76-46af-46f2-9f64-0010f8a15908/entries/0fa50d63-112c-4003-84e8-1ff45117d071/revisions/25/resources/10_153_2?access_token=MzNiZTk3ZTgtYmFkOS00YjhjLWI0YjktNWY5MmMxZmQ4ZmVmLzYxMWYyMzZjLTdmMWMtNDZjMyl1OTBmLTQ3NjQzODczNzcwMg==).

Discussão dos resultados

No final desta atividade devem discutir-se os resultados levando os alunos a concluir que:

- o voltímetro regista um valor apenas quando o íman e a bobina têm um movimento relativo; ou seja, só há f.e.m. quando há movimento relativo do íman e da bobina;
- o valor registado pode ser positivo ou negativo, consoante o sentido em que ocorre o movimento relativo do íman e da bobina; ou seja, o sentido da corrente elétrica induzida varia com o sentido do movimento do íman;
- o valor f.e.m. registada depende da velocidade com que o íman se movimenta, em relação à bobina, e do número de espiras.

Notas

1. Uma vez que não são importantes os registos quantitativos, a atividade pode alcançar melhores resultados se for usado um voltímetro analógico.

Atividade nº 6: Gaiola de Faraday

Objetivos

1. Observar experimentalmente o efeito da gaiola de Faraday.

Material

Telemóvel e folha de alumínio.

Montagens e procedimentos

1. Embrulhar muito bem o telemóvel na folha de alumínio e efetuar uma chamada para o mesmo. Os alunos irão constatar que o telemóvel não vai receber a chamada.

Discussão dos resultados

Na discussão, o professor deve levar os alunos a compreender que:

- o telemóvel está envolto numa caixa de metal (condutor elétrico), a qual constitui um condutor oco; por sua vez, as cargas elétricas, desde que não estejam no interior oco, não produzem campo elétrico no interior do condutor. Desta forma não se produzem fenómenos elétricos no interior do condutor. Sendo a radiação eletromagnética a composição de um campo elétrico e de um campo magnético, esta não irá alcançar o interior da caixa e, portanto, o telemóvel.

Extensões

Nalgumas escolas existem instrumentos que funcionam como gaiola de Faraday, podendo colocar-se o telemóvel no seu interior, em substituição da folha de alumínio.

Também é possível construir uma bolsa para o telemóvel usando rede metálica, de preferência de malha fina; neste caso, é importante que o telemóvel fique todo envolto pela rede, tal como acontece com a folha de alumínio. A figura A6-1 ilustra este possível procedimento.

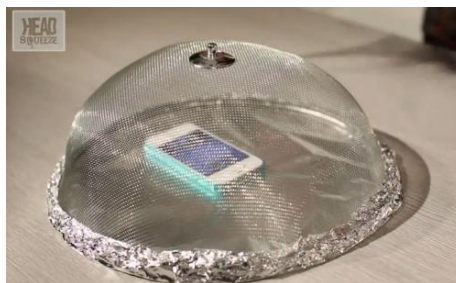


Figura A6-1 – Gaiola de Faraday construída com folha de alumínio e com uma rede.
(Fonte: http://www.pcbheaven.com/opencv/images/thumbs/od_1678_1_1365537281.png)

Anexo – Descritores constantes dos programas curriculares de Físico-Química, de Física e Química A e de Física, relativos ao estudo da eletricidade e do magnetismo.

Tabela A-1 – Descritores para o domínio *Eletricidade*, sub-domínio *Corrente elétrica e circuitos elétricos*, no 3º ciclo do ensino básico. (Fonte: Fiolhais & al., 2013)

Domínio: <i>Eletricidade</i>	
Subdomínio	Descritores
Corrente elétrica e circuitos elétricos	<p>1. Compreender fenómenos elétricos do dia-a-dia, descrevendo-os por meio de grandezas físicas, e aplicar esse conhecimento na montagem de circuitos elétricos simples (de corrente contínua), medindo essas grandezas.</p> <p>1.1 Dar exemplos do dia-a-dia que mostrem o uso da eletricidade e da energia elétrica.</p> <p>1.2 Associar a corrente elétrica a um movimento orientado de partículas com carga elétrica (eletrões ou iões) através de um meio condutor.</p> <p>1.3 Dar exemplos de bons e maus condutores (isoladores) elétricos.</p> <p>1.4 Distinguir circuito fechado de circuito aberto.</p> <p>1.5 Indicar o sentido convencional da corrente e o sentido do movimento dos eletrões num circuito.</p> <p>1.6 Identificar componentes elétricos, num circuito ou num esquema, pelos respetivos símbolos e esquematizar e montar um circuito elétrico simples.</p> <p>1.7 Definir tensão (ou diferença de potencial) entre dois pontos, exprimi-la em V (unidade SI), mV ou kV, e identificar o gerador como o componente elétrico que cria tensão num circuito.</p> <p>1.8 Descrever a constituição do primeiro gerador eletroquímico: a pilha de Volta.</p> <p>1.9 Indicar que a corrente elétrica num circuito exige uma tensão, que é fornecida por uma fonte de tensão (gerador).</p> <p>1.10 Identificar o voltímetro como o aparelho que mede tensões, instalá-lo num circuito escolhendo escalas adequadas, e medir tensões.</p> <p>1.11 Definir a grandeza corrente elétrica e exprimi-la em A (unidade SI), mA ou kA.</p> <p>1.12 Identificar o amperímetro como o aparelho que mede a corrente elétrica, instalá-lo num circuito escolhendo escalas adequadas e medir correntes elétricas.</p> <p>1.13 Representar e construir circuitos com associações de lâmpadas em série e paralelo, indicando como varia a tensão e a corrente elétrica.</p> <p>1.14 Ligar pilhas em série e indicar a finalidade dessa associação.</p> <p>1.15 Definir resistência elétrica e exprimir valores de resistência em Ω (unidade SI), mΩ ou kΩ.</p> <p>1.16 Medir a resistência de um condutor diretamente com um ohmímetro ou indiretamente com um voltímetro e um amperímetro.</p> <p>1.17 Concluir que, para uma tensão constante, a corrente elétrica é inversamente proporcional à resistência do condutor.</p> <p>1.18 Enunciar a lei de Ohm e aplicá-la, identificando condutores ôhmicos e não ôhmicos.</p> <p>1.19 Associar um reóstato a um componente elétrico com resistência variável.</p>
Efeitos da corrente elétrica e energia elétrica	<p>2. Conhecer e compreender os efeitos da corrente elétrica, relacionando-a com a energia, e aplicar esse conhecimento.</p> <p>2.1 Descrever os efeitos térmico (efeito Joule), químico e magnético da corrente elétrica e dar exemplos de situações em que eles se verifiquem.</p> <p>2.2 Indicar que os recetores elétricos, quando sujeitos a uma tensão de referência, se caracterizam pela sua potência, que é a energia transferida por unidade de tempo, e identificar a respetiva unidade SI.</p> <p>2.3 Comparar potências de aparelhos elétricos e interpretar o significado dessa comparação.</p> <p>2.4 Determinar energias consumidas num intervalo de tempo, identificando o kW h como a unidade mais utilizada para medir essa energia.</p>

Domínio: <i>Eletricidade</i>	
Subdomínio	Descritores
	<p>2.5 Identificar os valores nominais de um recetor e indicar o que acontece quando ele é sujeito a diferentes tensões elétricas.</p> <p>2.6 Distinguir, na rede de distribuição elétrica, fase de neutro e associar perigos de um choque elétrico a corrente elétrica superior ao valor máximo que o organismo suporta.</p> <p>2.7 Identificar regras básicas de segurança na utilização de circuitos elétricos, indicando o que é um curto-circuito, formas de o prevenir e a função dos fusíveis e dos disjuntores.</p>

Tabela A-2 – Descritores constantes do programa do 10º ano de escolaridade para o estudo da eletricidade. (Fonte: Fiolhais & al., 2014)

10º ano	
Domínio: <i>Energia e sua conservação</i>	
Subdomínio	Descritores
Energia e fenómenos elétricos	<p>2. Descrever circuitos elétricos a partir de grandezas elétricas; compreender a função de um gerador e as suas características e aplicar a conservação da energia num circuito elétrico tendo em conta o efeito Joule.</p> <p>2.1 Interpretar o significado das grandezas corrente elétrica, diferença de potencial elétrico (tensão elétrica) e resistência elétrica.</p> <p>2.2 Distinguir corrente contínua de corrente alternada.</p> <p>2.3 Interpretar a dependência da resistência elétrica de um condutor filiforme com a resistividade, característica do material que o constitui, e com as suas características geométricas (comprimento e área da secção reta).</p> <p>2.4 Comparar a resistividade de materiais bons condutores, maus condutores e semicondutores e indicar como varia com a temperatura, justificando, com base nessa dependência, exemplos de aplicação (resistências padrão para calibração, termístor em termómetros, etc.).</p> <p>2.5 Associar o efeito Joule à energia dissipada nos componentes elétricos, devido à sua resistência, e que é transferida para as vizinhanças através de calor, identificando o LED (díodo emissor de luz) como um componente de elevada eficiência (pequeno efeito Joule).</p> <p>2.6 Caracterizar um gerador de tensão contínua pela sua força eletromotriz e resistência interna, interpretando o seu significado, e determinar esses valores a partir da curva característica.</p> <p>2.7 Identificar associações de componentes elétricos em série e paralelo e caracterizá-las quanto às correntes elétricas que os percorrem e à diferença de potencial elétrico nos seus terminais.</p> <p>2.8 Interpretar a conservação da energia num circuito com gerador de tensão e condutores puramente resistivos, através da transferência de energia do gerador para os condutores, determinando diferenças de potencial elétrico, corrente elétrica, energias dissipadas e potência elétrica do gerador e do condutor.</p>

Tabela A-3 – Descritores constantes do programa do 11º ano de escolaridade para o estudo da eletricidade e do magnetismo. (Fonte: Fiolhais & al., 2014a)

11º ano	
Domínio: <i>Ondas e eletromagnetismo</i>	
Subdomínio	Descritores
Eletromagnetismo	<p>2. Identificar as origens de campos elétricos e magnéticos, caracterizando-os através de linhas de campo, reconhecer as condições para a produção de correntes induzidas, interpretando a produção industrial de corrente alternada e as condições de transporte da energia elétrica; identificar alguns marcos importantes na história do eletromagnetismo.</p> <p>2.1 Interpretar o aparecimento de corpos carregados eletricamente a partir da transferência de eletrões e da conservação da carga.</p> <p>2.2 Identificar um campo elétrico pela ação sobre cargas elétricas, que se manifesta por forças elétricas.</p> <p>2.3 Indicar que um campo elétrico tem origem em cargas elétricas.</p> <p>2.4 Identificar a direção e o sentido do campo elétrico num dado ponto quando a origem e uma carga pontual (positiva ou negativa) e comparar a intensidade do campo em diferentes pontos e indicar a sua unidade SI.</p> <p>2.5 Identificar informação fornecida por linhas de campo elétrico criado por duas cargas pontuais quaisquer ou por duas placas planas e paralelas com cargas simétricas (condensador plano), concluindo sobre a variação da intensidade do campo nessa região e a direção e sentido do campo num certo ponto.</p> <p>2.6 Relacionar a direção e o sentido do campo elétrico num ponto com a direção e sentido da força elétrica que atua numa carga pontual colocada nesse ponto.</p> <p>2.7 Identificar um campo magnético pela sua ação sobre imanes, que se manifesta através de forças magnéticas.</p> <p>2.8 Indicar que um campo magnético pode ter origem em imanes ou em correntes elétricas e descrever a experiência de Oersted, identificando-a como a primeira prova experimental da ligação entre eletricidade e magnetismo.</p> <p>2.9 Caracterizar qualitativamente a grandeza campo magnético num ponto, a partir da representação de linhas de campo quando a origem e um íman, uma corrente elétrica num fio retilíneo, numa espira circular ou num solenoide, e indicar a sua unidade SI.</p> <p>2.10 Identificar campos uniformes (elétricos ou magnéticos) a partir das linhas de campo.</p> <p>2.11 Definir fluxo magnético que atravessa uma espira, identificando as condições que o tornam máximo ou nulo, indicar a sua unidade SI e determinar fluxos magnéticos para uma espira e várias espiras iguais e paralelas.</p> <p>2.12 Identificar condições em que aparecem correntes induzidas (fenómeno de indução eletromagnética) e interpretar e aplicar a Lei de Faraday.</p> <p>2.13 Interpretar a produção de corrente elétrica alternada em centrais elétricas com base na indução eletromagnética e justificar a vantagem de aumentar a tensão elétrica para o transporte da energia elétrica.</p> <p>2.14 Identificar a função de um transformador, relacionar as tensões do primário e do secundário com o respetivo número de espiras e justificar o seu princípio de funcionamento no fenómeno de indução eletromagnética.</p>

Tabela A-4 – Descritores constantes do programa do 12º ano de escolaridade para o estudo da eletricidade e do magnetismo. (Fonte: Fiolhais & al., 2014b)

12º ano	
Domínio: <i>Campos de forças</i>	
Subdomínio	Descritores
Campo elétrico	<p>2. Compreender as interações entre cargas elétricas, descrevendo-as através do campo elétrico ou usando considerações energéticas, e caracterizar condutores em equilíbrio eletrostático; caracterizar um condensador e identificar aplicações.</p> <p>2.1 Enunciar e aplicar a Lei de Coulomb.</p> <p>2.2 Caracterizar o campo elétrico criado por uma carga pontual num ponto, indicando a respetiva unidade SI, e identificar a proporcionalidade inversa entre o seu módulo e o quadrado da distância à carga criadora e a proporcionalidade direta entre o seu módulo e o inverso do quadrado da distância à carga criadora.</p> <p>2.3 Caracterizar, num ponto, o campo elétrico criado por várias cargas pontuais.</p> <p>2.4 Relacionar a força elétrica que atua sobre uma carga com o campo elétrico no ponto onde ela se encontra.</p> <p>2.5 Identificar um campo elétrico uniforme e indicar o modo de o produzir.</p> <p>2.6 Associar o equilíbrio eletrostático à ausência de movimentos orientados de cargas.</p> <p>2.7 Caracterizar a distribuição de cargas num condutor em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico no interior e na superfície exterior do condutor, explicando a blindagem eletrostática da “gaiola de Faraday”.</p> <p>2.8 Associar um campo elétrico mais intenso à superfície de um condutor em equilíbrio eletrostático a uma maior distribuição de carga por unidade de área, justificando o “efeito das pontas”, e interpretar o funcionamento dos para-raios.</p> <p>2.9 Identificar as forças elétricas como conservativas.</p> <p>2.10 Interpretar e aplicar a expressão da energia potencial elétrica de duas cargas pontuais.</p> <p>2.11 Definir potencial elétrico num ponto, indicar a respetiva unidade SI e determinar potenciais criados por uma ou mais cargas pontuais.</p> <p>2.12 Relacionar o trabalho realizado pela força elétrica entre dois pontos com a diferença de potencial entre esses pontos.</p> <p>2.13 Definir superfícies equipotenciais e caracterizar a direção e o sentido do campo elétrico relativamente a essas superfícies.</p> <p>2.14 Relacionar quantitativamente o campo elétrico e a diferença de potencial no caso do campo uniforme.</p> <p>2.15 Descrever movimentos de cargas elétricas num campo elétrico uniforme a partir de considerações cinemáticas e dinâmicas ou de considerações energéticas.</p> <p>2.16 Associar um condensador a um dispositivo que armazena energia, indicando como se pode carregar o condensador.</p> <p>2.17 Definir capacidade de um condensador, indicar a respetiva unidade SI e dar exemplos de aplicações dos condensadores.</p> <p>2.18 Interpretar a curva característica de descarga de um circuito RC, relacionando o tempo de descarga com a constante de tempo.</p>
Ação de campos magnéticos sobre partículas com carga e correntes elétricas	<p>3. Caracterizar as forças exercidas por campos magnéticos sobre cargas elétricas em movimento e descrever os movimentos dessas cargas, explicando o funcionamento de alguns dispositivos com base nelas; caracterizar as forças exercidas por campos magnéticos sobre correntes elétricas.</p> <p>3.1 Caracterizar a força magnética que atua sobre uma carga elétrica móvel num campo magnético uniforme.</p> <p>3.2 Justificar que a energia de uma partícula carregada não é alterada pela atuação da força magnética.</p> <p>3.3 Justificar os tipos de movimentos de uma carga móvel num campo magnético uniforme.</p> <p>3.4 Caracterizar a força que atua sobre uma carga móvel numa região onde existem um campo elétrico uniforme e um campo magnético uniforme.</p> <p>3.5 Interpretar o funcionamento do espectrómetro de massa.</p> <p>3.6 Caracterizar a força magnética que atua sobre um fio retilíneo, percorrido por corrente elétrica contínua, num campo magnético uniforme.</p>

Tabela A-5 – Atividades previstas na componente laboratorial dos programas do ensino secundário. (Fonte: Fiolhais & al., 2014)

Componente laboratorial	
Domínio: Energia e sua conservação	AL 2.1. Características de uma pilha (10º ano) Objetivo geral: Determinar as características de uma pilha a partir da sua curva característica.
Domínio: Campos e forças	AL 2.1. Campo elétrico e superfícies equipotenciais (12º ano) Objetivo geral: Determinar o módulo de um campo elétrico uniforme e identificar as respetivas superfícies equipotenciais.
	AL 2.2. Construção de um relógio logarítmico (12º ano) Objetivo geral: Determinar a curva de descarga de um condensador num circuito RC, reconhecer que este processo pode servir para medir o tempo, e obter o valor da capacidade do condensador.